



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA TELECOMUNICACIONES

**“CLASIFICACIÓN Y DETECCIÓN DE DEFECTOS EN LA
SUPERFICIE DE LAS PAPAS UTILIZANDO PROCESAMIENTO
DIGITAL DE IMÁGENES Y MACHINE LEARNING”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

AUTOR:
JOSÉ DAVID PEÑALOZA ALDAZ

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA TELECOMUNICACIONES

**“CLASIFICACIÓN Y DETECCIÓN DE DEFECTOS EN LA
SUPERFICIE DE LAS PAPAS UTILIZANDO PROCESAMIENTO
DIGITAL DE IMÁGENES Y MACHINE LEARNING”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

AUTOR: JOSÉ DAVID PEÑALOZA ALDAZ

DIRECTOR: ING. OSWALDO GEOVANNY MARTINEZ GUASHIMA MSC.

Riobamba – Ecuador

2023

© 2022, José David Peñaloza Aldaz

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, José David Peñaloza Aldaz, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 03 de Abril del 2023



José David Peñaloza Aldaz
1805384060

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMATICA Y ELECTRONICA
CARRERA TELECOMUNICACIONES

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico **CLASIFICACIÓN Y DETECCIÓN DE DEFECTOS EN LA SUPERFICIE DE LAS PAPAS UTILIZANDO PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES Y MACHINE LEARNING**, realizado por el señor: **JOSÉ DAVID PEÑALOZA ALDAZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. Mario Humberto Paguay Cuvi
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



2023-04-03

Ing. Oswaldo Geovanny Martínez Guashima MSc.
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2023-04-03

Ing. Edwin Vinicio Altamirano Santillán MSc.
**ASESOR DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2023-04-03

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, hermanas y amigos por el apoyo brindado durante la etapa Universitaria. A los ingenieros Oswaldo Martínez y Edwin Altamirano por su asesoramiento, su tiempo y conocimiento invertido para el desarrollo y culminación de este Trabajo de Integración Curricular.

José Peñaloza

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO I

1 MARCO REFERENCIAL.....	2
1.1 ANTECEDENTES.....	2
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3 OBJETIVOS.....	6

CAPITULO II

ESTADO DEL ARTE.....	7
2 MARCO TEORICO.....	10
2.1 Procesamiento de imágenes.....	10
2.1.1 <i>Captura</i>	10
2.1.1.1 <i>Cámara</i>	11
2.1.1.2 <i>Iluminación</i>	11
2.1.2 <i>Preprocesamiento</i>	12
2.1.3 <i>Segmentación</i>	13
2.1.4 <i>Extracción de características</i>	13
2.1.5 <i>Reconocimiento e Interpretación</i>	14
2.2 Software.....	14
2.2.1 <i>Matlab</i>	14
2.3 Machine Learning.....	15
2.3.1 <i>Tipos de aprendizaje de machine learning</i>	15

2.3.1.1	<i>Aprendizaje supervisado</i>	15
2.3.1.2	<i>Aprendizaje no supervisado</i>	15
2.3.1.3	<i>Aprendizaje Reforzado</i>	15
2.3.2	Beneficios	16
2.4	Control de calidad	16
2.4.1	<i>Historia del control de calidad</i>	16
2.4.2	<i>Áreas de control de calidad</i>	17
2.4.3	<i>Computadoras</i>	18
2.5	Papa	18
2.5.1	<i>La papa en el Ecuador</i>	19
2.5.1.1	<i>Variedades de papas en el Ecuador</i>	19
2.5.1.2	<i>Zonas de cultivo</i>	19
2.5.1.3	<i>Cosecha de la papa</i>	20
2.5.1.4	<i>Postcosecha</i>	20
2.5.1.5	<i>Costos de producción</i>	21
2.5.1.6	<i>Problemas de comercialización de la papa</i>	21
2.5.2	Normas para la calidad de la papa	22
2.5.2.1	<i>Norma INEN 1516</i>	22

CAPITULO III

3	MARCO METODOLOGICO	24
3.1	Análisis	25
3.1.1	<i>Elección de la papa</i>	25
3.1.2	<i>Fuentes de iluminación</i>	26
3.1.3	<i>Cámara Web</i>	27
3.1.4	<i>Software</i>	28
3.1.5	<i>Formato de imágenes</i>	29
3.2	Diseño y captura	30
3.2.1	<i>Cabina de luz</i>	30

<i>3.2.2 Configuración de parámetros de la cámara web</i>	32
<i>3.2.3 Captura de imágenes</i>	33
3.3 Implementación	37
<i>3.3.1 Pre-Procesamiento de imágenes</i>	37
<i>3.3.2 Segmentación</i>	41
<i>3.3.3 Descripción y extracción de características de la papa</i>	43
<i>3.3.3.1 Tamaño</i>	43
<i>3.3.3.2 Forma</i>	45
<i>3.3.3.3 Color</i>	47
<i>3.3.3.4 Daños en la superficie</i>	49
<i>3.3.4 Reconocimiento e Interpretación de imagen de la papa</i>	57

CAPITULO IV

4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	58
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	70

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Límites de tamaño de la papa establecidos por la norma INEN 1516	4
Tabla 2-1: Estructura de sistema para el control de calidad.....	6
Tabla 1-2: Valores de nutrientes en 100 gramos de papa	18
Tabla 2-2: Zonas de cultivos y variedad de papas-.....	20
Tabla 3-2: Costo de postcosecha de papa INIAP-FRIPAPA	21
Tabla 4-2: Límites de tamaño de la papa establecidos por la norma INEN 1516	23
Tabla 1-3: Comparación de características entre cámaras Web Emeet.....	28
Tabla 2-3: Comparación de formatos JPEG y PNG.	30
Tabla 3-3: Valores de los parámetros de la cámara Emeet C970L	32
Tabla 4-3: Valores para la obtención de la relación del tamaño de la papa.	44
Tabla 1-4: Valores de las características de la muestra de las papas de forma manual.	61
Tabla 2-4: Valores de las características de la muestra de papas obtenido por el sistema.	65
Tabla 3-4: Matriz de confusión.	65
Tabla 4-4: Cálculo de la diferencia entre valores del tamaño real y predicho de la papa.....	67
Tabla 5-4: Valores de porcentaje al variar la relación de pixeles con la medición manual.....	68

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1	Diagrama de bloques de las etapas de un sistema de procesamiento de imágenes.	5
Ilustración 1-2:	Iluminación frontal	12
Ilustración 2-2:	Áreas de control de calidad.....	17
Ilustración 3-2:	Selección de papas después de la cosecha.....	21
Ilustración 1-3:	Diagrama de flujo de método de cascada.....	24
Ilustración 2-3:	Diagrama de bloques de las etapas del sistema.	25
Ilustración 3-3:	Tubérculo de chola.	26
Ilustración 4-3:	Módulo led 110 voltios por 3 unidades.....	27
Ilustración 5-3:	Cámara web Emeet C970L	27
Ilustración 6-3:	Instalación de toolbox para la cámara web en Matlab.....	28
Ilustración 7-3:	Ajustes de cámara web con el software eMeetLink	29
Ilustración 8-3:	Planos de la cabina oscura.	30
Ilustración 9-3:	Vista posterior de la cabina de luz	31
Ilustración 10-3:	Instalación de módulos led en la cabina oscura.....	31
Ilustración 11-3:	Encendido de módulos led.....	32
Ilustración 12-3:	Parámetros de la cámara eMEET C970L a) valores predeterminados b) configuración propia	33
Ilustración 13-3:	Lavado de las papas	34
Ilustración 14-3:	Secado de las papas	34
Ilustración 15-3:	Medición de diámetro de la papa mediante calibrador pie de rey.	35
Ilustración 16-3:	Interfaz Gráfica guide en Matlab para la obtención de base de datos.....	35
Ilustración 17-3:	Definición de variables para utilizar la cámara web.....	36
Ilustración 18-3:	Código para visualizar las imágenes al presionar el botón preview.	36
Ilustración 19-3:	Código para capturar y visualizar la imagen.	37
Ilustración 20-3:	Código para guardar la imagen capturada.	37
Ilustración 21-3:	Código para preprocesamiento de imágenes.	38

Ilustración 22-3:	Gráfico de resultados de imágenes utilizando las funciones de matlab.	39
Ilustración 23-3:	Función de Matlab imcrop utilizado para recortar una imagen.	40
Ilustración 24-3:	Código para cambiar el contraste de la imagen.	40
Ilustración 25-3:	Curva de aumento de contraste	41
Ilustración 26-3:	Gráfico de la app regionprops de Matlab.	41
Ilustración 27-3:	Código para rellenar y eliminar huecos en la papa.	42
Ilustración 28-3:	Gráfico de la app regionprops de Matlab después de aplicar la función imfill a la imagen binaria.	42
Ilustración 29-3:	Gráfico de la aplicación regionprops de Matlab después de aplicar la función bwareaopen a la imagen binaria.	43
Ilustración 30-3:	Código para clasificación por tamaño de la papa	45
Ilustración 31-3:	Código para determinar la forma de la papa	45
Ilustración 32-3:	Gráfico de la papa real con raíces, después de la segmentación y su valor de circularidad.	46
Ilustración 33-3:	Gráfico de la papa real deforme, después de la segmentación y su valor de circularidad.	46
Ilustración 34-3:	Código para encontrar los valores de color verde de una papa.	47
Ilustración 35-3:	Código para determinar el color de la papa.	48
Ilustración 36-3:	Comprobación del color verde de la papa.	48
Ilustración 37-3:	Código para aumentar el contraste considerando las papas pequeñas.	49
Ilustración 38-3:	Papa real y el resultado de aumentar el contraste.	50
Ilustración 39-3:	Código para recortar y binarizar la imagen.	50
Ilustración 40-3:	Papa recortada y conversión a blanco y negro	51
Ilustración 41-3:	Código para etiquetar las manchas y eliminar las pequeñas.	51
Ilustración 42-3:	Eliminación de manchas muy pequeñas.	52
Ilustración 43-3:	Código para separar las manchas.	53
Ilustración 44-3:	Manchas obtenidas de la superficie de la papa.	53
Ilustración 45-3:	Código para determinar grietas.	54
Ilustración 46-3:	Papa con grietas y separación de la mancha.	55
Ilustración 47-3:	Código para determinar la existencia de manchas.	56

Ilustración 48-3:	Gráfico de la papa real y segmentación de las 3 manchas en su superficie. .56
Ilustración 49-3:	Gráfico de la papa real y segmentación de las 2 manchas en su superficie. .57
Ilustración 1-4:	Interfaz guide del panel de control para la clasificación y detección de defectos de la papa.....58
Ilustración 2-4:	Inicio del video al presionar el botón visualizar del panel de control.....58
Ilustración 3-4:	Resultados obtenidos de una papa sin manchas ni grietas.59
Ilustración 4-4:	Resultados obtenidos de una papa capturada sin ningún tipo de iluminación.60
Ilustración 5-4:	Medición de la papa 1 con el calibrador pie de rey60
Ilustración 6-4:	Medición con el calibrador pie de rey de la papa número 4.62
Ilustración 7-4:	Resultados obtenidos de la papa número 3.62
Ilustración 8-4:	Resultados obtenidos de la papa número 4.63
Ilustración 9-4:	Resultados obtenidos de la papa número 5.63
Ilustración 10-4:	Resultados obtenidos de la papa número 5.64
Ilustración 11-4:	Resultados obtenidos de la papa número 20.64

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. CÓDIGO EN MATLAB PARA LA OBTENCIÓN DE LA BASE DE DATOS.

ANEXO B. CÓDIGO EN MATLAB PARA EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES.

ANEXO C. NORMA INEN 1516

ANEXO D. NORMA INEN 1750

ANEXO E. ESPECIFICACIONES DE LA CÁMARA WEB EMEET C970L

RESUMEN

El objetivo del Trabajo de Integración Curricular fue clasificar y detectar los defectos en la superficie de las papas utilizando procesamiento digital de imágenes y Machine Learning. La clasificación se basó en la norma del Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN) 1516 que indica que la clasificación es de acuerdo al tamaño del eje mayor de la papa considerando cuatro categorías, y por la ausencia de daños o defectos. Esto se consiguió mediante el procesamiento digital de imágenes que consta de las etapas de captura de imágenes, preprocesamiento, segmentación, extracción de las características e interpretación de las imágenes. Para el cumplimiento la primera etapa se utilizó una cámara web Emeet C970L colocada sobre una caja oscura construida en tol de aluminio en donde además se instalaron luces led, para evitar que se produzcan sombras alrededor de la papa y mejorar la calidad de las imágenes. Las siguientes etapas se desarrollaron utilizando el software Matlab con la ayuda de distintas funciones, una vez clasificadas las papas en las distintas categorías se utilizó el modelo de regresión Softmax de Machine Learning para mejorar la eficiencia del sistema. Los resultados se obtuvieron comparando los valores de las papas, obtenidos por el sistema y la observación, además de la medición manual de la papa con un calibrador pie de rey, de lo cual se obtuvo el 90% de exactitud con la matriz de confusión para la predicción de papas buenas y malas. Se concluye que el sistema puede predecir correctamente el tamaño de la papa y los defectos que tiene, sin embargo, se recomienda buscar otro método de machine learning como redes neuronales para obtener mejores resultados y con tiempo de respuesta menor.

Palabras clave: <PROCESAMIENTO DE IMAGENES>, <MACHINE LEARNING>, <PAPAS (SOLANUM TUBEROSUM L)>, <MATLAB (SOFTWARE)>, <CLASIFICACIÓN>, <SELECCIÓN>.


D.B.R.A.I.
Ing. Christian Castañón



0512-DBRA-UPT-2023

SUMMARY

The objective of the curricular integration work was to classify and detect defects on the surface of potatoes using digital image processing and Machine Learning. The classification was based on the standard of the Ecuadorian Standardization Service (INEN) 1516, which indicates that the classification is according to the size of the major axis of the potato considering four categories, and by the absence of damage or defects. This was achieved through digital image processing consisting of image capture, preprocessing, segmentation, feature extraction, and image interpretation steps. For compliance, the first stage used an Emeet C970L webcam placed on a dark box made of aluminum tol where LED lights were also installed to avoid shadows around the potato and improve the quality of the images. The following stages were developed using the Matlab software with the help of different functions, once the potatoes were classified in the different categories, the Machine Learning Softmax regression model was used to improve the efficiency of the system. The results were obtained by comparing the values of the potatoes, obtained by the system and the observation, in addition to the manual measurement of the potato with a caliper king of foot, of which 90% accuracy was obtained with the confusion matrix for the prediction of good and bad potatoes. It is concluded that the system can correctly predict the size of the potato and the defects it has, however, it is recommended to find a method to evaluate the two sides of the potato at the same time and that the entry for the capture of images is automatic.

Keywords: <IMAGE PROCESSING>, <MACHINE LEARNING>, <POTATOES (SOLANUM TUBEROSUM L)>, <MATLAB (SOFTWARE)>, <CLASSIFICATION>, <SELECTION>.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Wilson G. Rojas', is written over a faint, stylized outline of a potato.

MSc. Wilson G. Rojas

C.I 0602361842

INTRODUCCIÓN

La necesidad del ser humano por consumir o adquirir productos de calidad parte desde su concepción, el análisis y clasificación de productos se lo hace en su gran mayoría de forma artesanal, sin embargo, con los avances de la tecnología se puede mejorar estos procesos.

La papa es una hortaliza originaria de la región de sur de América, en la zona Andina tal como es en Ecuador además de ser uno de los alimentos más consumidos por sus propiedades alimenticias y distintas formas de preparación. Los productos comunes más elaborados por las industrias a partir de este alimento son papas fritas, chips, hojuelas de papas para un buen resultado del producto final se deben considerar ciertos parámetros de calidad tales como la forma, el tamaño, un producto en buen estado sin presencia de defectos o posibles enfermedades.

Por lo tanto, en el Trabajo de Integración Curricular se pretende diseñar un sistema que permita detectar defectos en la superficie de la papa, causado por algún tipo de daño mecánico debido al uso de herramientas tradicionales usadas por los agricultores de la zona, así también como la presencia de algún tipo de surco causado por insectos o gusanos y la mal formación de la papa. De igual forma la clasificación del producto se lo realizara en base a su tamaño, separando en cuatro grupos considerados aptos para el consumo y de ser el caso que el producto no cumpla con estos parámetros de calidad mencionados sea clasificada como desecho o no apta para el consumo humano.

El desarrollo de este sistema se lo hará en el software Matlab el mismo que permite construir varias etapas desde la adquisición de imágenes del producto que se realizara mediante una cámara que permita detectar la papa y su captura, para su posterior procesamiento e interpretación correcta de las imágenes llegando hacer uso de herramientas de machine learning que permita mejorar el sistema, para la toma de decisiones más rápida y precisa, en base al aprendizaje desarrollado en el procesamiento de las imágenes.

En este trabajo también se investigarán los diferentes sistemas de control de calidad existentes para el análisis de calidad de los productos alimenticios. Finalmente se evaluará el correcto funcionamiento del sistema de control de calidad para la detección de defectos en la superficie de la papa y la clasificación en base a los parámetros.

CAPITULO I

1 MARCO REFERENCIAL

1.1 ANTECEDENTES

La calidad en las empresas sin lugar a duda es muy importante, la función de calidad en las organizaciones, el impacto que produce en el mercado además de los cambios que sufre a través de las prácticas y los expertos son indicadores del avance.(Cubillos Rodríguez y Rozo Rodríguez 2009, p. 80)

El análisis de calidad es una actividad realizada por el hombre desde su concepción, evidenciado principalmente con el proceso evolutivo del ser humano y su necesidad de controlar la calidad de los productos que consumía seleccionando los aptos para el consumo. Para la fabricación de armas destinados a la caza se necesitaban de procesos y construcciones de calidad para obtener presas más grandes y con mayor facilidad. Se ha visto evidenciado además en actividades como construcción de viviendas, fabricación de prendas de vestir, etc.

Existen etapas en donde se define la calidad iniciando por la etapa artesanal donde surgen mercados con base en el prestigio de la calidad de los productos, se generaliza la costumbre de agregarles marca y, con esta práctica, se desarrolla el interés de mantener una buena reputación.(Cubillos Rodríguez y Rozo Rodríguez 2009, p. 82-83)

Posteriormente la revolución industrial pasando a la producción masiva de piezas y artículos, trayendo altos niveles de demanda y surge la necesidad de mejorar la calidad de los procesos.

En el presente la visión artificial permite desarrollar aplicaciones relacionadas al control de calidad para la búsqueda de fallas o crear el análisis automático de imágenes que permiten controlar procesos con la finalidad de disminuir los costos de producción.(Murillo Qhispe y Montaluisa Pilatasig 2010, p. 22)

La papa es una hortaliza importante de origen de Sur América sobre todo de la región Andina, que corresponde a Perú, Ecuador, Bolivia y la costa del sur de Chile. Esta hortaliza ha sido cultivada desde hace dos mil años por los Incas, convirtiéndole en un producto tradicional en las culturas indígenas del sur del continente .(Pastor Torres 2006, p. 4)

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Como clasificar y detectar los defectos en la superficie de las papas utilizando procesamiento digital de imágenes y machine learning?

SITEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Como revisar y elaborar el estado del arte sobre los sistemas de control de calidad de productos alimenticios?

¿Cómo configurar los parámetros de la cámara para una eficiente captura de imágenes?

¿Cómo realizar el procesamiento digital de imágenes obtenidas en el sistema de captura de imágenes?

¿Cómo utilizar machine learning para la eficiente clasificación de las papas?

¿Cómo evaluar el correcto funcionamiento del sistema de clasificación y detección de defectos en la superficie las papas?

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Obtener productos con estándares de calidad es importante sobre todo en el área industrial y empresarial, el proceso o mecanismos utilizados para obtener un producto de calidad varían según los estándares de calidad y características del producto como por ejemplo la forma, el color o tamaño.

Para controlar el proceso de calidad de un producto puede destinarse a un área en donde existen personas analizando cada producto de una cantidad que depende de la demanda de dicho producto lo que se puede volver cansado, rutinario. Produciendo que el personal se distraiga, estrese y cometa errores para detectar un producto en mal estado o sin condiciones de salir al mercado.

Con el avance tecnológico existen alternativas que permiten mejorar estos procesos disminuyendo los errores, costes a corto o largo plazo, el tiempo de análisis del producto e incrementar la productividad.

El procesamiento de imágenes cuenta de etapas fundamentales y secuencia a seguir como proceso operativo:

- Captación. – Obtención de la imagen visual del objeto.
- Preprocesado. – Mejorar la imagen.

- Segmentación. – Clasificar la imagen en base a parámetros.
- Representación y descripción. – Convertir los datos en una forma adecuada para el procesamiento por computadora y extraer rasgos para diferenciar un objeto.
- Reconocimiento e interpretación. – Asignar etiquetas a un objeto basándose en la información anterior.

Machine learning o el aprendizaje automático es un campo en la Inteligencia Artificial, donde las máquinas pueden aprender de sí mismas, sin ser explícitamente programadas por los seres humanos analizando datos de entrenamiento.

El consumo de papas supera los 23 kilos por persona cada año en el mercado local según datos obtenidos del Ministerio de Agricultura (MAGAP). De igual forma se superaron las 305000 toneladas de las papas en la producción local en el 2012, para abastecer la demanda doméstica que va decreciendo desde el 2010.

Un total de 7 700 toneladas de papas procesadas fueron importadas en el 2012. En Holanda la producción de papas al año superan los 8 millones de toneladas, por lo cual entre enero y octubre 7 100 toneladas llegaron al país, en su mayoría de procedencia de este país.(EL COMERCIO 2014)

Según la norma INEN 1516 se considera una papa dañada cuando ha sufrido alteraciones con daños mecánicos, por insectos, defectos fisiológicos además de que clasifica en base a su tamaño como se muestra en la tabla 1-1.

Tabla 1-1: Límites de tamaño de la papa establecidos por la norma INEN 1516

TIPO	DIAMETRO EN mm
De primera	65 en adelante
De segunda	45 – 64
De tercera	30 – 44
De cuarta	10 – 29

Fuente: (INEN 1987, p. 2)

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

Este proyecto surge con el propósito de desarrollar un sistema que permita el análisis e inspección de objetos o alimentos mediante técnicas visuales de manera rápida, precisa y confiable basado en mecanismos de procesamiento de imágenes con el uso de cámaras y uso de software Matlab.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

A continuación, en la ilustración 1-1 se muestra el diagrama de bloques con las etapas fundamentales de un sistema de procesamiento de imágenes.

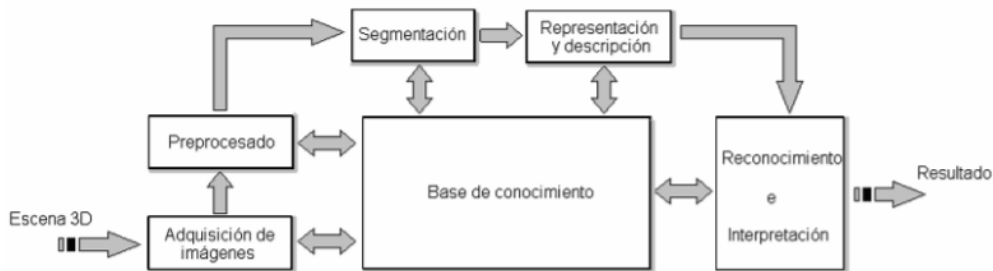


Ilustración 1-1 Diagrama de bloques de las etapas de un sistema de procesamiento de imágenes.

Fuente:(Santillán 2008, p. 40)

La primera etapa consiste en la adquisición de la imagen digital para esto se hará uso de cámaras y un software de programación tal como Matlab u OpenCV que permiten la ejecución de los siguientes pasos. En la ESPOCH existen cámaras de modelo mynt eyes 1030 con IR las cuales cuentan con estas características. El siguiente paso es de preprocesamiento con el objetivo de mejorar la imagen. Seguido del proceso o etapa de segmentación que consiste en dividir la imagen en partes o en grupos de píxeles asignando a un grupo que puede ser segmentado por color, textura. Con el objetivo de localizar objetos o definir límites del elemento. La parametrización sirve para extraer rasgos con información cuantitativa de interés o que permitan diferenciar objetos. Como últimas etapas tenemos el reconocimiento e interpretación asignando etiquetas a los objetos con información que se estableció debido a los requerimientos y reconocimiento del objeto.

En la tabla 2-1 se muestra la estructura o pasos a seguir para lograr la elaboración del sistema de control de calidad. Se inicia con la investigación de todos los parámetros concernientes de los elementos a analizar y el desarrollo del sistema para continuar con la selección de cada uno de los componentes en base a los atributos, características, modelos, tipos y técnicas. Una vez reunida la información necesaria y elegido los componentes se procede a desarrollar el sistema de procesamiento de imágenes y uso de algoritmos de machine learning para el aprendizaje automático de las variables que determinan el control de calidad de la papa tales como la clasificación en base al tamaño, existen cortaduras o daños mecánicos y papas deformes o con protuberancias muy grandes. Se necesita entrenar el sistema por lo que es necesario usar y analizar un número considerable de papas para obtener mejores resultados.

Tabla 2-1: Estructura de sistema para el control de calidad

Diseño de sistema para control de calidad.			
Análisis de parámetros	Selección de componentes	Diseño	Simulación del sistema
Análisis de parámetros que definen el control de calidad de la papa, sus categorías y clasificación.	Software	Elaboración de algoritmos para cada parámetro.	Elegir y clasificar elementos en base a los parámetros de calidad.
Software	Hardware (cámaras)	Procesamiento de imágenes y uso de machine learning.	
Hardware	Técnicas y tipo de iluminación.		
Iluminación			

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

1.3 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Clasificar y detectar los defectos en la superficie de las papas utilizando procesamiento digital de imágenes y machine learning.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar y elaborar el estado del arte sobre los sistemas de control de calidad de productos alimenticios.
- Configurar los parámetros de la cámara para una eficiente captura de imágenes
- Realizar el procesamiento digital de imágenes obtenidas en el sistema de captura de imágenes.
- Utilizar machine learning para la eficiente clasificación de las papas.
- Evaluar el correcto funcionamiento del sistema de clasificación y detección de defectos en la superficie las papas.

CAPITULO II

ESTADO DEL ARTE

Para el desarrollo del problema se planteó investigar sobre los sistemas de control de calidad para los productos alimenticios por lo que se ha realizado la búsqueda de artículos y tesis relacionados al tema que sirvan de guía para el desarrollo del proyecto.

RAMOS, T., 2019. *Diseño de un sistema de clasificación para limón por tamaño y color*. Trabajo de Titulación. Piura: Universidad de Piura.

El propósito del trabajo fue diseñar un sistema de visión artificial para la clasificación del limón de forma tecnológica para el proceso postcosecha pretendiendo obtener ventajas como: seguridad, calidad entre otras. El sistema propuesto constaba de 3 etapas básicas que empieza con la adquisición de datos mediante una cámara digital, para luego procesar los datos mediante software definiendo los parámetros y la categoría a la que pertenece, finalmente se activan los actuadores y salidas del PLC que además controla la faja transportadora. Los datos para la clasificación del limón dependerán de la zona a comercializar el producto estableciendo los parámetros de calidad como el color y tamaño. Para los resultados y validación del color se realizó mediante el análisis de píxeles, eligiendo el color del limón con el que más predomine. Para la clasificación en base al tamaño se lo hizo mediante el diámetro del limón en mm con relación al valor en píxeles. Entre las conclusiones del trabajo se tiene que para mejorar los resultados se puede hacer el uso de más cámaras y que el limón gire.

GAMONAL CHANCO, A.E., 2020. *Diseño de un sistema por visión artificial para determinar la calidad de mandarinas*. Trabajo de Titulación. Lima – Perú: Universidad Tecnológica del Perú

Este trabajo se basó en la norma técnica peruana para considerar los parámetros y de esta forma determinar la categoría de las mandarinas, entre los objetivos se estableció diseñar una estructura de cabina implementando técnicas de iluminación para la toma de imágenes y el diseño del algoritmo en Matlab considerando los atributos de la mandarina como el tamaño, forma, color y defectos exteriores. Considerando estos mismos atributos se empezó la estructura del trabajo que consta de 4 etapas tales como: el análisis de los parámetros, el diseño de cada uno de los algoritmos, el control, la iluminación y salidas, la tercera etapa consiste en las simulaciones y culminando con la selección de cada uno de los componentes a utilizar. Para el desarrollo de los algoritmos en base a los parámetros analizados se utilizó la relación de píxeles con el diámetro en mm para el tamaño y mediante métodos matemáticos además del uso de conversión RGB a HSV

para los parámetros como la detección de defectos en la superficie obteniendo una exactitud del 93.3% en las pruebas realizadas.

VIVAS MATICURENA, M.F. y VIVAR ENCALADA, W.A., 2022. *Diseño e implementación de un sistema de control automático con visión artificial y redes neuronales destinado al control de calidad de alimentos*. bachelorThesis. Guayaquil-Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.

En este trabajo se utilizó un análisis cualitativo que constaba de 9 fases iniciando por la idea y planteamiento del problema para continuar con las fases conocidas del procesamiento de imágenes empezando por la recolección de datos, su análisis e interpretación y los resultados. Para el proceso se establecieron 4 etapas: transporte, visión artificial para la obtención de imágenes en tiempo real de los alimentos, red neuronal para el análisis de datos y la predicción calculada. Para la primera y segunda etapa se utilizaron una banda transportadora, sensores, motores y con la ayuda de Arduino se integraron los elementos de control para la captura automática de imágenes de los alimentos. La red neuronal utilizada fue un modelo pre entrenado, en la que se etiquetan las frutas en buen o mal estado, estableciendo una base de datos la que servirá para el entrenamiento, este se realizó mediante Google Colab. Para el análisis de resultados se consideraron la contaminación que produce el mal estado de los alimentos precisamente de la pera y manzana, los resultados obtenidos fueron en el peor de los casos para una manzana dañada un porcentaje de acierto del 0.61, para la pera de 0.36 y un valor de 0.65 de acierto para las frutas en buen estado, considerando que con mayor luz se obtienen mejores resultados.

SU, Q., KONDO, N., AL RIZA, D.F. y HABARAGAMUWA, H., 2020. *Potato Quality Grading Based on Depth Imaging and Convolutional Neural Network*. *Journal of Food Quality*, vol. 2020, pp. e8815896. ISSN 0146-9428. DOI 10.1155/2020/8815896.

En este artículo se menciona la importancia de la clasificación en base de la calidad de la papa después de la cosecha, este proceso es difícil debido a la gran diversidad de forma por lo que el proceso manual es lento además de costoso y la ocurrencia de errores a pesar de la experticia de los trabajadores. La visión artificial proporciona precisión a bajo costo y es capaz de predecir el tamaño físico de la papa además de detectar defectos internos o externos. En el pasado los algoritmos para la clasificación dependían de la tecnología del procesamiento de imágenes que va de la mano con el hardware sin embargo al cambiar el entorno el algoritmo debe ser modificado, machine learning se parece a las redes neuronales y presenta ventajas optimizando el rendimiento basado en datos ejemplares o algoritmo adecuado.

El objetivo de este trabajo era desarrollar un sistema que clasifique automáticamente las papas en base al tamaño, apariencia mediante visión artificial con imágenes de profundidad y machine learning. El sistema consiste en la captura de imágenes de profundidad, el algoritmo de procesamiento, la construcción de modelos de machine learning y la evaluación de la calidad de la papa de forma automática. Para la muestra de las papas compraron un total de 296 papas al azar, se limpiaron y lavaron, para luego clasificarlos de forma manual en grupos normales, anormales y en categorías en base a su masa. El sistema de visión artificial constaba de una cámara de profundidad, iluminación, una caja negra y un pc. Se utilizaron dos modelos de aprendizaje automático, el modelo de regresión softmax (SR) que constaba de dos capas, una conectada y una de clasificación; el otro modelo es de red neuronal convolucional (CNN) con cinco capas, 3 capas convolucionales, una conectada y una de clasificación. Para el entrenamiento de estos modelos se utilizaron 5691 imágenes y para la validación un total de 1393 imágenes, para el modelo SR la precisión y pérdida de validación fueron del 67,2% y 0,77 respectivamente, mientras que para el modelo CNN fueron del 86,6% y 0,304. Por lo tanto, como conclusión del trabajo se tiene que este sistema es rentable, se ve poco afectado por la luz ambiental y el sistema fue desarrollado en base a la experiencia de clasificación manual humana.

YU, Y., JIANG, H., ZHANG, X. y CHEN, Y., 2022. *Identifying Irregular Potatoes Using Hausdorff Distance and Intersection over Union*. Sensors (Basel, Switzerland), vol. 22, no. 15, pp. 5740. ISSN 1424-8220. DOI 10.3390/s22155740.

Este trabajo estuvo enfocado en la identificación de papas irregulares, donde se propuso un método de distancia e intersección sobre unión (IoU) que se basa en el ajuste de elipse. Debido a que ya existen otros sistemas basados en métodos como el aprendizaje automático, pero están limitados a papas con formas geométricas simples además de ser susceptible al ruido e interferencias. Este sistema consta de las siguientes etapas: se redimensiona la imagen de la papa adquirida, segmenta y filtra para obtener el contorno de la papa, después un método de ajuste por mínimos cuadrados ajusta el contorno extraído a una elipse. La similitud entre el contorno irregular de la papa y la elipse ajustada se caracteriza utilizando la relación del perímetro, la relación del área, la distancia de Hausdorff y el IoU. Finalmente se analiza la capacidad de caracterización de las cuatro características y se establece un estándar de identificación de papas irregulares. Los resultados experimentales mostraron que la capacidad de caracterización de la relación del perímetro y la relación del área era inferior a la de la distancia de Hausdorff y el IoU, y el uso de la distancia de Hausdorff y el IoU como parámetros característicos puede identificar efectivamente papas irregulares. Usando la distancia de Hausdorff por separado como un parámetro característico, el algoritmo logró un rendimiento excelente, con puntajes de precisión, recuperación y F1 que alcanzaron 0.9423, 0.98 y 0.9608, respectivamente.

Después de haber revisado los diferentes sistemas propuestos en cada uno de los trabajos realizados, se determina que las primeras etapas de los sistemas inician de la misma forma, con la adquisición de las imágenes de los alimentos, preprocesarlas para eliminar el ruido y mejorar la imagen, en base a cada parámetro de calidad de los alimentos se necesita una base de datos con la cual comparar y clasificar en base al tamaño o si está apto para la comercialización. Los algoritmos son diseñados en algún software que permita el procesamiento, cálculo y control de las imágenes y componentes del sistema además del uso de algún método que permita la eficiencia y desarrollo del sistema. El elemento de análisis de este proyecto es la papa y como se menciona en el artículo de SU, Kondo es un alimento difícil a comparación de los otros alimentos revisados en otros trabajos como el limón o mandarina debido a la variedad de formas que presenta. El método de machine learning resulta efectivo a pesar de los requerimientos computacionales, resulta ser un método de bajo costo; gracias al entrenamiento de los datos, permitiendo al sistema aprender de los datos evitando la programación y uso de algoritmos largos, que deben ser modificados cada vez que altere un factor como el ambiente.

2 MARCO TEORICO

En este capítulo se desarrolla el estudio teórico del procesamiento de imágenes y todas sus etapas, además del estudio del arte acerca de los sistemas de control de calidad enfocados a los productos alimenticios, usado en este caso como producto de análisis la papa. Estos fundamentos teóricos servirán para sustentar el proyecto y el desarrollo de este.

2.1 Procesamiento de imágenes

El procesamiento de imágenes se realiza desde dos enfoques, el primero es el procesamiento de señales, en donde se considera el dominio de las frecuencias y se analiza la imagen como una distribución de señales sinusoidales. En el segundo enfoque se realiza un análisis desde el dominio espacial, en el cual se define la imagen como una matriz.

El procesamiento de imágenes consta de 5 etapas principales que se explican a continuación.

2.1.1 Captura

Es la etapa inicial del procesamiento digital de imágenes que consiste en captar una imagen mediante un dispositivo como una cámara analógica o digital, scanner, satélite, etc. (Rodríguez y Sossa 2012, p. 46)

Para el desarrollo del siguiente proyecto se desarrolla un sistema que consta de una cámara de video, una caja con iluminación que permitirá obtener imágenes de mejor calidad para su posterior análisis.

2.1.1.1 *Cámara*

La cámara fotográfica es un dispositivo tecnológico óptico con el propósito de registrar la imagen real de un objeto llamado fotografía, es una caja oscura que consta de un cuerpo y lente por donde penetran los rayos de luz para formar la imagen. (Furlan et al. 1998, p. 142)

Existen diferentes tipos de cámaras:

- **Cámaras analógicas.** - tiene una salida de señal analógica que está limitada por el ancho de banda y posible ruido analógico proporcionado por el cable que suele ser coaxial.
- **Cámaras digitales.** – consta de fotosensores que modifican la señal eléctrica dependiendo de la intensidad luminosa esto permite la captura de los puntos que conforman la imagen. Los sensores están configurados de forma matricial proporcionando una imagen bidimensional. Estos sensores son fabricados en tecnologías CCD y CMOS.
- **Cámaras lineales.** – son utilizadas en la industria, este tipo de cámaras utilizan sensores con configuración lineal, debido a su alta resolución. Construyen la imagen lineal realizando un barrido del objeto con un desplazamiento longitudinal.
- **Cámaras inteligentes.** – está compuesta de un sensor de imágenes y un procesador de alto rendimiento que en vez de imágenes muestra resultados de inspección. (Cáceres Cárdenas 2011, p. 28-34)

2.1.1.2 *Iluminación*

La iluminación es importante en el procesamiento de imágenes, para los procesos industriales casi siempre se suele utilizar un módulo de iluminación que pretende resaltar el producto.

Existen dos fuentes de iluminación, proporcionada por la luz natural o artificial. Una fuente de luz artificial puede ser puntual o difusa que depende el área de incidencia y el objeto al que se proyecta. Con la luz difusa se puede cubrir mayor área debido a que se incide luz en varias direcciones sobre un cuerpo y evita tener sombras a diferencia de la luz puntual que se genera en un punto creando sombras o reflejos.

Existen algunos tipos de iluminación:

- **Iluminación frontal.** – es la más usada, sin embargo, puede presentar problemas para obtener un buen contraste entre la pieza y fondo por la aparición de sombras o brillo. Se puede observar en la ilustración 1-2.
- **Iluminación direccional.** - con una fuente direccionada en un sentido sirve para crear sombras y ayuda a crear contrastes que se utilizan en análisis 3D.
- **Iluminación trasera.** – genera la silueta del objeto, es utilizada para identificar su presencia.

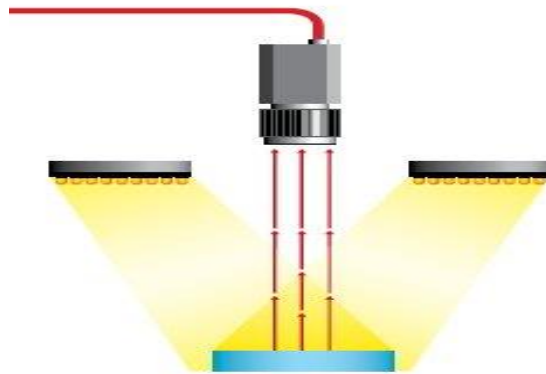


Ilustración 1-2: Iluminación frontal

Fuente:(INFAIMON 2020)

2.1.2 *Preprocesamiento*

Consiste en obtener una imagen digital, que dependiendo de la aplicación se realiza técnicas para la atenuación de ruido presente en la imagen, realce del contraste o de ciertos detalles de la imagen, debido a que es común el ingreso de ruido o degradación de la imagen. se debe de tener en cuenta que la salida en este proceso es aún una imagen en niveles de grises.(Rodríguez y Sossa 2012, p. 105)

Se trata de mejorar la imagen captada no aumenta la información, pero realza las características de la imagen.

2.1.3 Segmentación

Después de tener la imagen preprocesada es necesario identificar los objetos de interés en la imagen. Se puede definir como la clasificación de la escena en partes. Se tiene por ejemplo una imagen de satélite en la cual se pueden diferenciar las zonas de agua, urbanización, sembríos etc.(Cáceres Cárdenas 2011, p. 44)

La imagen de entrada es dividida en diferentes partes de la que está compuesta de forma homogénea que depende de las características como textura, color forma. Después de segmentar la imagen se puede obtener un conjunto de píxeles con la misma etiqueta para determinar un objeto común.

Existen diferentes técnicas de segmentación:

- **Segmentación por homogeneidad.** – se trata de dividir la imagen en partes que contengan características iguales. Se utiliza un algoritmo que define una región por píxeles, para tener criterios homogéneos y clasificar en clases las distintas regiones.
- **Segmentación basada en bordes.** – se trata de encontrar los bordes para obtener los límites de los objetos en la imagen.
- **Segmentación basada en modelos.** – con esta técnica supuestamente ya se tiene conocimiento de características de los objetos en la imagen como por ejemplo las líneas rectas, objetos redondos o de distinta forma.(Maza Viera 2017, p. 46)

2.1.4 Extracción de características

Es este proceso se identifican las características como el color, superficie, nivel de intensidad, forma geométrica que ayudan a diferenciar los objetos existente en la imagen.

Las características se extraen en base a la aplicación mediante diferentes métodos, estas características pueden ser de forma geométricas o morfológicas como el perímetro, diámetro, área, forma circular o características basadas en la textura y color.

2.1.5 Reconocimiento e Interpretación

Es el proceso que consiste en identificar los objetos a la categoría correspondiente, para esto se utilizan técnicas como búsqueda en bases de datos, comparación con patrones, utilización de redes neuronales, algoritmos y métodos estadísticos.(Cáceres Cárdenas 2011, p. 45)

La interpretación consiste en clasificar el conjunto de objetos en base a su aplicación percibiendo los objetos en una imagen.

2.2 Software

Existen varios lenguajes de programación que permiten realizar el procesamiento de imágenes, para este proyecto se opta por el uso de Matlab que permite la interpretación de píxeles seguimiento, clasificación y detección de objetos.

2.2.1 Matlab

Matrix Laboratory (laboratorio de matrices) o en su abreviatura MATLAB es un entorno de software matemático desarrollado por LINPACK y EISPACK para mejorar el acceso al software de matriz que desarrollaron.

Utilizar matrices resulta beneficioso debido a que con estas se pueden realizar operaciones matemáticas de manera eficiente, en una imagen se puede obtener una matriz de píxeles para su representación.(Maza Viera 2017, p. 47)

Cuenta con herramientas para adquisición de datos e imágenes, calibración y control de sistemas e instrumentos, aprendizaje automático, procesamiento de imágenes y señales, redes neuronales, etc. Además de herramientas como *simulink* o GUIDE que es un editor de interfaz de usuario.

Se pueden diseñar interfaces gráficas con la opción de distribuirlas en forma de archivos ejecutables. Se puede utilizar para proyectos de visión artificial gracias a la fácil integración con dispositivos de captura de imágenes. Además *permite la creación de Scripts y el uso de funciones para reutilizar y automatizar el trabajo.*(Fuentes Rojas 2016, p. 13-14)

2.3 Machine Learning

Es el campo de estudio que brinda a las computadoras la capacidad de aprender sin ser programadas explícitamente. (Samuel 1959, p. 211)

Es una rama dentro de la inteligencia artificial que proporciona la capacidad de aprender a los sistemas. Una computadora que utiliza machine learning tiene la capacidad de aprender, tomar decisiones y predecir basado en datos o información almacenada haciendo uso de algoritmos.

2.3.1 Tipos de aprendizaje de machine learning

2.3.1.1 Aprendizaje supervisado

Se basa en modelos predictivos en donde la máquina aprende explícitamente, prediciendo el futuro a partir de datos históricos. Es decir que hace uso de información ya etiquetada que permiten a la máquina aprender en base a estos patrones, el tipo de datos puede ser texto, imágenes, audio o archivos. (Sánchez 2020)

Existen dos modelos en base al tipo de etiqueta:

- Modelos de clasificación que tiene como salida una etiqueta discreta, otorgando la clase a la que pertenece que puede ser binario o multiclase. Por ejemplo, predecir y clasificar imágenes de dos o varios animales.
- Modelos de regresión que producen un valor real que en base a variables se otorgue un valor numérico como etiqueta.

2.3.1.2 Aprendizaje no supervisado

En base a modelos descriptivos, la máquina entiende los datos. A diferencia del aprendizaje supervisado la información no se encuentra etiquetada o clasificada por lo que se necesita una mayor cantidad de datos e información. Por lo que este tipo de aprendizaje proporciona datos sin etiquetar a la máquina y le pide etiquetar en base a patrones o diferencias. (Sánchez 2020)

2.3.1.3 Aprendizaje Reforzado

Recompensa los comportamientos deseados y los no deseados son penalizados. Este tipo de aprendizaje busca la solución óptima en base a prueba y error. Es aplicado en áreas de la robótica y sistemas de control.

Es un enfoque de la inteligencia artificial con aprendizaje basado en los hallazgos, basado en la retroalimentación para mejorar la respuesta.(Recuero de los Santos 2021)

2.3.2 Beneficios

Puede resultar difícil obtener información de forma correcta y tomar una decisión acertada a partir de los datos, sin embargo se puede tomar una decisión correcta mediante el uso de algoritmos aprovechados por el aprendizaje automático y los datos existentes.(Balparda 2020, p. 12)

A continuación, se enlistan algunos de los beneficios ofrecidos por machine learning:

- Toma de decisiones en tiempo real.
- Automatización.
- Predicciones para obtener mejores resultados.
- No es necesaria la intervención humana.

Las aplicaciones de machine learning abarcan distintos campos y entre algunos casos de usos se encuentra la detección facial, vehículos autónomos, diagnósticos médicos, chabots, etc.

2.4 Control de calidad

Cuando se habla de calidad se relaciona con un excelente producto o servicio, que cumple o rebasa nuestras expectativas. Estas expectativas están basadas en el uso que se pretende dar y en el precio de venta.

2.4.1 Historia del control de calidad

En la edad media, la calidad era controlada por largos periodos de entrenamiento que se establecían por los gremios. Llenando de orgullo a los trabajadores, por la calidad de sus productos, que eran hechos a la medida.

En 1924, W. A. Shewhart, de Bell Telephone Laboratories, desarrolló una gráfica estadística para controlar variables en productos. Se considera que esta gráfica fue el inicio del control estadístico de la calidad.

En 1960 se formaron los primeros círculos de control de calidad, con el propósito de mejorar la calidad. Los trabajadores japoneses aprendieron y aplicaron técnicas estadísticas sencilla.(Besterfield, González y Pozo 2009, p. 44)

2.4.2 Áreas de control de calidad

La calidad depende de varios factores por lo que se divide en varias áreas como se observa en la ilustración 2-2, en donde cada trabajador es responsable de su área.

Para este proyecto la calidad del producto se relaciona con las áreas de inspección y pruebas que es la responsable de evaluar la calidad de los productos comprados y producidos para el posterior informe de los resultados, que darán paso a acciones correctivas.

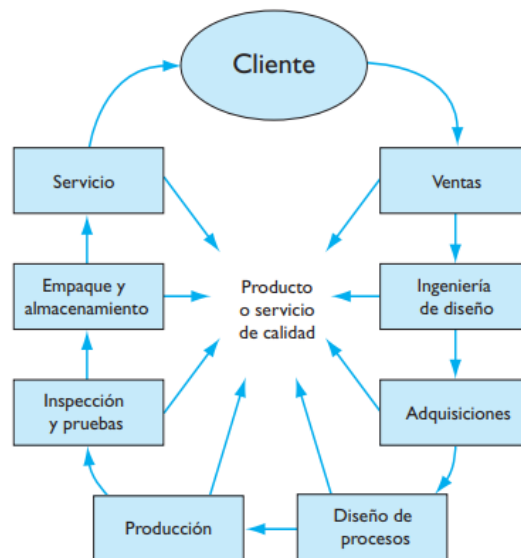


Ilustración 2-2: Áreas de control de calidad

Fuente: (Besterfield, González y Pozo 2009, p. 45)

Para esta actividad de inspección se necesita de un equipo exacto de medición, que puede ser comprado o diseñado y debe estar en mantenimiento y calibración constante. La inspección debe tratar de ser estadística debido a que depender de la inspección en masa para el control de calidad puede resultar en desperdicio de tiempo, dinero y esfuerzo.(Besterfield, González y Pozo 2009, p. 50)

2.4.3 Computadoras

Las computadoras tienen un papel importante en la función de la calidad, debido a que realizan operaciones sencillas con gran rapidez y exactitud. Las necesidades de la función de la calidad que satisface la computadora son:

- Recopilación de datos. – se pueden obtener de distintas fuentes como por ejemplo la inspección de un proceso, laboratorios de pruebas, inspección de un material con mayor rapidez en la transmisión de datos, menos errores y coste de recolección.
- Análisis e informes de datos. – después de analizar la información con parámetros de calidad, se reduce la cantidad y emite informes, actividades que pueden ser programadas automáticamente por un computador.
- Análisis estadísticos. – permite realizar análisis rápidos con exactitud y evitar cálculos manuales.
- Control de procesos. – se pueden ejecutar subsistemas con la utilización de sensores para tomar acciones posteriores.
- Pruebas e inspección automáticas. – se puede mejorar la calidad de la prueba con mayor exactitud y menos costo de operación, utilizada para tomar decisiones, seleccionar o clasificar, además se puede hacer uso de visión artificial para estos procesos aplicados en líneas de producción de alto volumen.

2.5 Papa

El nombre científico de la papa es Solanum tuberosum L. (FAO Guatemala 2010)

Es un producto alimenticio con valor nutritivo, se pueden preparar distintas formas de consumo, existen una gran variedad y diferentes tipos de papas, además que es de fácil manejo. Es considerado como un alimento energético debido a que es fuente carbohidratos, proteína, vitaminas y minerales. (FAO Guatemala 2010, p. 10)

En la tabla 1-2 se muestran los valores de los nutrientes en 100 gramos de papa, pero además aporta vitaminas como la vitamina C y minerales como el hierro, fosforo entre otros.

Tabla 1-2: Valores de nutrientes en 100 gramos de papa

CALORIAS	CARBOHIDRATOS	PROTEINA	GRASA
95	21,6 g	1,9 g	0,1 g

Fuente: (FAO Guatemala 2010, p. 10)

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

2.5.1 *La papa en el Ecuador*

Según el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) *el Ecuador es uno de los principales cultivos con más de 82 000 agricultores involucrados.* (INIAP 2014c)

El 81% de la producción de papa en el Ecuador está destinado para el consumo fresco y el resto es utilizado por las industria, es decir que la producción es de consumo interno principalmente. La siembra y cosecha se puede realizar durante todo el año. INIAP mantiene un total de 550 variedades de papas nativas.(INIAP 2014c)

2.5.1.1 *Variedades de papas en el Ecuador*

Existen variedades como las mejoradas y nativas, nos enfocaremos en la última debido a que se busca impulsar el consumo y producción de la variedad de papas ancestrales del Ecuador además de que son más fáciles de conseguir en nuestra zona.

Se estima que en el Ecuador existen alrededor de 350 variedades de papas nativas, pero apenas 14 tienen presencia en la zona central de la Sierra y el resto se encuentre en peligro de desaparecer.(Monteros J. y Reinoso R. 2010, p. 15)

Las variedades nativas más conocidas son: Uvilla, Yema de Huevo, Leona Negra, Coneja Negra, Puña, Calvache, Chaucha Colorada, Santa Rosa, Carrizo, Coneja Blanca. (MONTEROS et al. 2005, p. 9)

2.5.1.2 *Zonas de cultivo*

Existen 3 zonas importantes tales como son:

- Zona norte con preferencia de variedades de piel carne, crema.
- Zona centro que prefiere piel rosada, de carne amarillas.
- Zona sur con variedades de piel clara, forma esférica y carne amarillo-crema.

En la tabla 2-2 se detallan las provincias pertenecientes a cada zona y la variedad de papas que son sembradas.

Tabla 2-2: Zonas de cultivos y variedad de papas-

Zona	Provincias	Variedad
Norte	Carchi	INIAP-Gabriela, INIAP-Esperanza, INIAP-María, INIAP-Fripapa, INIAP-Estela, Superchola, Yema de huevo (Chauchas), Chola, ICA-Capiro, Ormus, clon “Carolina” y clon “Libertad
Centro	Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar y Chimborazo	INIAP-Santa Catalina, INIAP-Esperanza, INIAP-Gabriela, INIAP-María, INIAP-Rosita, INIAP-Santa Isabel, INIAP-Fripapa 99, INIAP-Cecilia, INIAP-Natividad, INIAP-Suprema, INIAP-Estela, Superchola, Chola, Uvilla, Yema de huevo, Leona, clon “Carolina”, clon “Libertad”, ICA-Única.
Sur	Cañar, Azuay y Loja	INIAP-Santa Catalina, INIAP-Gabriela, INIAP-Esperanza, INIAP-Soledad Cañari, INIAP-Santa Ana, Uvilla, Bolona

Fuente:(Torres et al. 2011)

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

2.5.1.3 Cosecha de la papa

Se realiza cuando las plantas alcanzan su madurez fisiológica, es decir al cambiar del color el follaje de verde a amarillo o café y no existe presencia de flores.

Existen dos métodos de cosecha:

- Método manual. – para este método se hace uso de herramientas como el azadón para retirar la tierra de los costados de los surcos, después se invierte el suelo donde está la planta para que las papas queden en la superficie.
- Método mecanizado. – se puede hacer uso de cavadoras molinete o de cadena sin fin, estas máquinas pueden trabajar sobre suelos franco-arenosos y pendientes de hasta 8%. (INIAP 2014a, p. 1)

2.5.1.4 Postcosecha

El propósito es la conservación de los tubérculos en buen estado. Esta etapa consiste en la selección, clasificación, ensacado y transporte. Existen pérdidas en esta etapa que se estima entre pérdidas insignificantes hasta un 40%, debido a la interacción de factores como plagas, enfermedades, por manipulación y transporte. (INIAP 2014a, p. 2)

En la ilustración 3-2 se muestra la selección manual de las papas en postcosecha.



Ilustración 3-2: Selección de papas después de la cosecha

Fuente: (INIAP 2014c, p. 2)

2.5.1.5 Costos de producción

Según INIAP el pago por clasificación y ensacado de las papas a un jornalero es de 12 dólares definida en su tabla de costos de producción que requiere de 20 jornaleros, resultando el costo de un total de 240 dólares como se observa en la tabla 3-2.

Tabla 3-2: Costo de postcosecha de papa INIAP-FRIPAPA

Rubro	Unidad	Cantidad	Costo por unidad \$	Costo total \$
Clasificación y ensacado	jornal	20	12	240
Transporte a mercado	saco	350	0.5	175
			TOTAL	415

Fuente:(INIAP 2014b, p. 1-2)

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

2.5.1.6 Problemas de comercialización de la papa

Los principales problemas que mencionan los productores son los precios bajos en épocas de sobreproducción o debido al ingreso de papa de Perú, Colombia además de los precios por intermediarios. Se podría solucionar eliminando intermediarios, asociando productores o evitando la importación del producto.

Los técnicos observan problemas de variación de precios, baja calidad del producto además de la falta de planificación de producción. Las soluciones a estos problemas están en la organización de los productores, instancias que garanticen calidad y su comercialización planificada.

En el sector comercial en mayoristas, supermercados también existen problemas en donde el proveedor no se preocupa por entregar un producto de calidad, no existe un sistema de clasificación ni plantas encargadas de seleccionar, lavar y empacar la papa. Los problemas para los exportadores son el ingreso de papas de Perú y Colombia que no está regulada por alguna política.(MONTEROS et al. 2005, p. 2)

2.5.2 Normas para la calidad de la papa

En el Ecuador existen normas técnicas INEN que son preparadas para implementar sistemas de gestión de calidad que cumple un rol importante en reglamentación, normalización y metrología. INEN es el organismo que se encarga de garantizar que los productos que son producidos y comercializados en el país sean seguros para el consumo. (INEN 2016)

2.5.2.1 Norma INEN 1516

Esta norma se aplica a la papa *Solanum tuberosum* L e incluye las siguientes variedades.

- Nativas: Chola, Bolona, Violeta, 4-50, Leona Blanca, Leona Negra, Santa Rosa.
- Foráneas: Ica-Huila, Mora Surco, Colorada o Rubí-roja, Parda Pastusa, San Jorge.
- Mejoradas: Iniap Santa Catalina; Iniap María; Iniap Gabriela; Iniap Esperanza; Iniap Cecilia.

En la norma se definen diferentes términos de los cuales se detallan a continuación los relacionados al proyecto de tesis. Tal como es el diámetro que es la distancia del tubérculo entre los dos extremos del tubérculo es decir la distancia máxima sobre el eje más largo del tubérculo.(INEN 2013, p. 2)

Una papa contaminada se considera cuando existe algún tipo de plaguicidas o producto químico en el tubérculo que sea nocivo para la salud humana y animal. En cambio, una papa defectuosa presenta lesiones que afectan la presentación y al ser eliminados provocan un desperdicio mayor del 5% en peso o los tejidos de la papa presenta daños mayores a 0.5 cm de profundidad.

Una papa con daño mecánico tiene lesiones como cortes, peladuras provocadas por agentes físicos y roedores. Una papa con daño por insectos es alterada en su apariencia y estructura causada por

el ataque de insectos como gusanos, pulgillas, babosas presentando formas de túneles. (INEN 2013, p. 3)

Una papa es considerada como desperdicio cuando no está dentro de esta norma. La clasificación en base al tamaño se define por milímetros y es mostrada en la tabla 4-2.

Tabla 4-2: Límites de tamaño de la papa establecidos por la norma INEN 1516

TIPO	DIAMETRO EN mm
De primera	65 en adelante
De segunda	45 – 64
De tercera	30 – 44
De cuarta	10 – 29

Fuente: (INEN 1987, p. 2)

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

CAPITULO III

3 MARCO METODOLOGICO

En este capítulo se presenta el procedimiento realizado en el desarrollo e implementación del sistema para el control de calidad y detección de daños en la superficie de la papa, se detallan las fases del proyecto, la selección de hardware y software a utilizar.

El método utilizado fue en cascada que consiste en el desarrollo del proyecto de forma secuencial, iniciando con las fases de análisis, diseño e implementación para concluir con las pruebas y resultados.

A continuación, en la ilustración 1-3 se muestran las fases utilizadas para el proyecto. Iniciando por la fase de análisis en donde se consideraron los parámetros de calidad del elemento a analizar ya revisados en el capítulo 2, la selección de la papa a analizar además de la selección de software y hardware para el desarrollo de la siguiente fase de diseño.

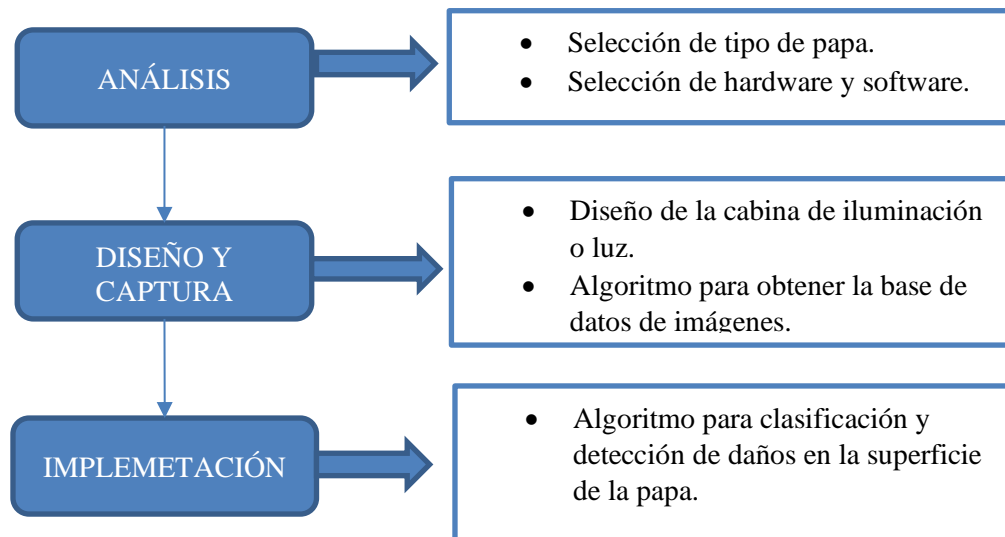


Ilustración 1-3: Diagrama de flujo de método de cascada

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

Las etapas para la clasificación y detección de defectos en las superficies de las papas se muestra en la ilustración 2-3, se inició por ingresar la papa de forma manual en la cabina de iluminación, se continuo con cada una de las etapas del procesamiento de imágenes, seguido de machine learning y la obtención de los resultados.

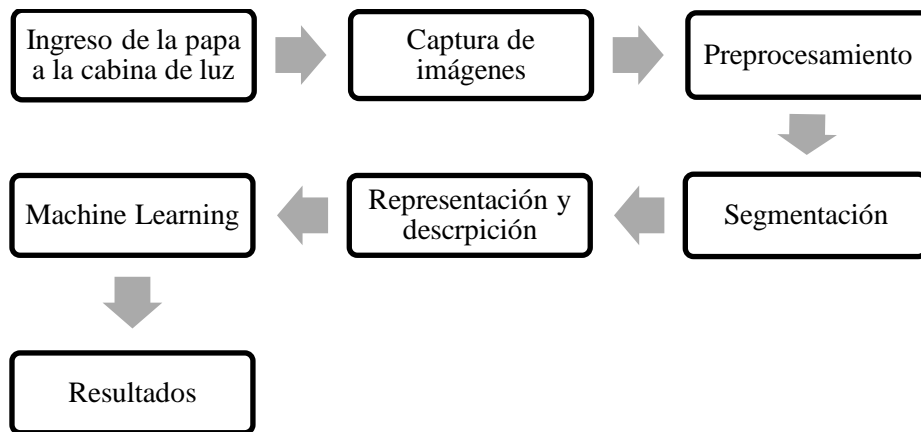


Ilustración 2-3: Diagrama de bloques de las etapas del sistema.

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

3.1 Análisis

La primera fase consistió en elegir los materiales y software para el desarrollo del proyecto tales como se detallan a continuación:

3.1.1 Selección del tipo de papa

Existe una gran variedad de papas tanto nativas como mejoradas y de importación, sin embargo, se ha enfocado en la elección del producto de análisis que sea propia del Ecuador y se encuentre en zonas de cultivo cercanas, tales como son en la provincia de Tungurahua y Chimborazo. Además, el producto de análisis debe estar dentro de la norma INEN 1516 en donde se detallan las características de clasificación de una papa.

En base a esto revisando la tabla 2-2 y las papas nativas consideradas en la norma INEN 1516, además de otras fuentes de información como la del periódico EL COMERCIO que en una publicación menciona *La papa reinante –por su popularidad- es la papa chola o súper chola. Tiene forma ovalada, un tono rojizo en la cáscara y un color crema en sus ojuelos. Esta papa ha sido utilizada para las comidas tradicionales del país, como el locro y los llapingachos.*(Veintimilla 2014)

Se considero como producto de análisis a la papa chola debido a que es una de las variedades más cultivadas gracias a sus características alimenticias y su popularidad para el consumo en hogares, preparación de platos gastronómicos e industrialización de papas fritas o en hojuelas.

En la ilustración 3-3 se muestra la fotografía de la papa chola y a continuación se mencionan algunas características de esta.



Ilustración 3-3: Tubérculo de chola.

Fuente: (Andrade 1998)

La variedad Chola, es una papa para consumo en fresco ideal para sopas y puré por su consistencia harinosa. Es de piel rosada áspera y amarilla alrededor de los ojos. Estos son grandes, superficiales y pulpa amarilla. (Andrade 1998, p. 28)

Es susceptible a enfermedades como a lanchar (Phytophthora infestans), a roya (Puccinia pittieriana) y al nematodo del quiste de la papa (Globodera pallida).

3.1.2 Fuentes de iluminación

Para mejorar la calidad de captura de imágenes es necesario evitar que el producto de análisis proyecte sombras debido que en la etapa de procesamiento puede causar errores sobre todo para el cálculo de contorno y área del elemento de análisis.

Por esta razón es necesario crear una cabina o caja oscura con iluminación, para esto se ha escogido que el material de la cabina oscura sea tol debido a que posee dureza, resistencia y no necesita de algún tipo de mantenimiento.

El tipo de iluminación escogido es frontal con fuente de iluminación es un módulo led de 3 unidades que funciona a 110 voltios y la luz es de color blanco cálido, como se observa en la ilustración 4-3.



Ilustración 4-3: Módulo led 110 voltios por 3 unidades.

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

3.1.3 Cámara Web

Se selecciono una cámara web para la captura de imágenes porque brinda la opción de analizar atributos como el tamaño, forma, color, daño y defectos de un producto en este caso las papas, los parámetros importantes de la cámara web son la resolución que debe ser aceptable y el realce de las fotografías en color RGB.

Se ha escogido la cámara web Emeet C970L, por ciertas características:

- Enfoque automático.
- Transmite videos en resolución Full HD 1080P a una velocidad de fotogramas de 60 FPS.
- La luz de relleno incorporada es ajustable en 3 niveles.
- Angulo de captura de 75 grados.

Tiene compatibilidad con varios sistemas operativos, se pueden configurar los parámetros de la imagen como el brillo y contraste en el software proporcionado por la propia marca. Es de precio accesible. La cámara web Emeet C970L se puede observar en la ilustración 5-3.



Ilustración 5-3: Cámara web Emeet C970L

Fuente: (EMEET)

En comparación con otros modelos de la misma marca que se muestran en la tabla 1-3.

Tabla 1-3: Comparación de características entre cámaras Web Emeet

Modelo	C970L	C970	C960
Anillo de luz de 3 niveles.	√	Configuración adicional	Configuración adicional
Video	60FPS 1080P	60FPS 1080P	30FPS 1080P
Partes	Con cubierta de privacidad electrónica, nuevo diseño	Con cubierta de privacidad electrónica, nuevo diseño	Con cubierta de privacidad física
Tecnología de reducción de ruido	Estándar	Estándar	Estándar
Campo de visión	75°-90°	75°-90°	90°
Tipo de enfoque	Enfoque automático	Enfoque automático	Foco fijo

Fuente:(EMEET)

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

3.1.4 Software

El software escogido para el desarrollo del proyecto es Matlab, es compatible con una gran variedad de dispositivos, sensores entre estos incluido cámaras web. Para el uso de la cámara web conectada mediante USB y adquisición de imágenes es necesario instalar toolbox como se observa en la ilustración 6-3.

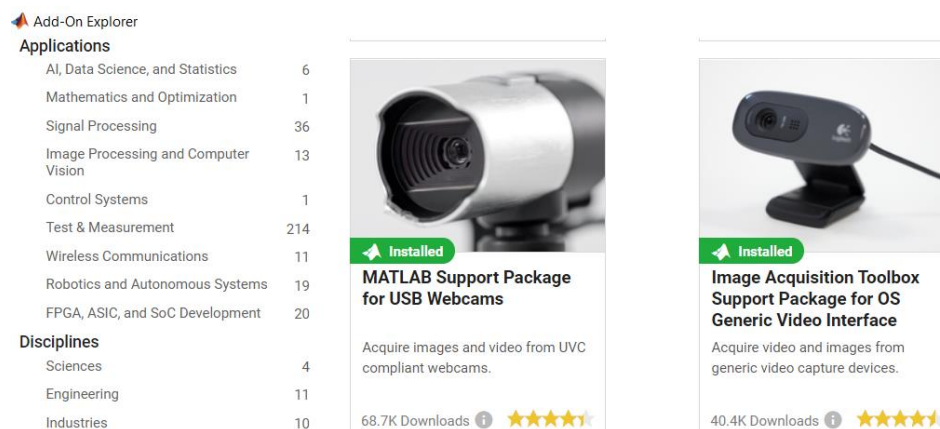


Ilustración 6-3: Instalación de toolbox para la cámara web en Matlab

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

Para la configuración de parámetros de la cámara tales como el brillo o contraste se utilizará el software eMeetLink proporcionado por el fabricante de la cámara web. El software es compatible con los sistemas Windows y MacOS. Mediante este programa se puede actualizar del firmware de la cámara y ajustar parámetros de video como filtros, brillo, contraste, la nitidez, saturación y el balance de blancos como se observa en la ilustración 7-3.

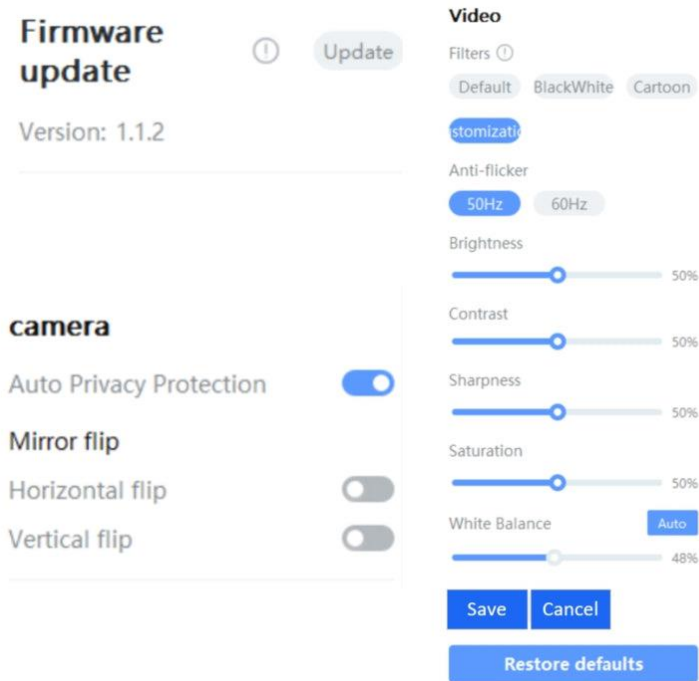


Ilustración 7-3: Ajustes de cámara web con el software eMeetLink

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

3.1.5 *Formato de imágenes*

Existen varios formatos de imágenes entre ellos los más utilizados son JPEG, BMP, GIF, PNG, PSD y TIFF.

Entre ellos los más populares son JPEG (Joint Photographic Experts Group) y PNG (Portable Networks Graphics). JPEG es utilizado para almacenar fotografías de tono continuo, utiliza compresión de imágenes que puede equilibrar la calidad con el tamaño, es decir que guarda toda la información referente al color con millones de color RGB sin obtener archivos demasiado grandes. El formato PNG está pensado para la distribución de imágenes en internet, este formato permite altos niveles de compresión y no está limitado a una paleta de 256 colores.(Ordoñez 2005)

A continuación, se muestra la tabla 2-3 la comparación de los dos formatos, que son muy parecidos sin embargo para este proyecto se ha escogido el formato PNG porque no presenta perdidas en la compresión de imágenes y el tamaño de almacenamiento no es tan grande.

Tabla 2-3: Comparación de formatos JPEG y PNG.

Formato	JPEG (.jpg; .jpe)	PNG (.png)
Profundidad de color	24 bits	24 bits
Modos de color	·Escala de Grises ·RGB ·CMYK	·RGB ·Color Indexado ·Escala de Grises ·Mapa de Bits
Canales alfa	No	SI
Comprensión	Si: con pérdidas	Si: sin pérdidas

Fuente:(Ordoñez 2005)

Realizado por: Peñalosa Aldaz, José, 2022.

3.2 Diseño y captura

La segunda fase consistió en el diseño del sistema de captura de las imágenes de las papas, para esto fue necesaria la construcción de una cabina oscura que permitió que las imágenes sean de mejor calidad. Además, fue necesario configurar los parámetros de la cámara con el objetivo de presenciar mejor las características de calidad a evaluar; posterior a esto se elabora el código en Matlab para la captura de las imágenes de la papa y obtención de una base de datos.

3.2.1 Cabina de luz

El diseño de la cabina de iluminación se muestra a continuación en la ilustración 8-3, las medidas escogidas fueron en base al campo de visión de la cámara web considerando que no existan obstrucciones para el ingreso de la papa.

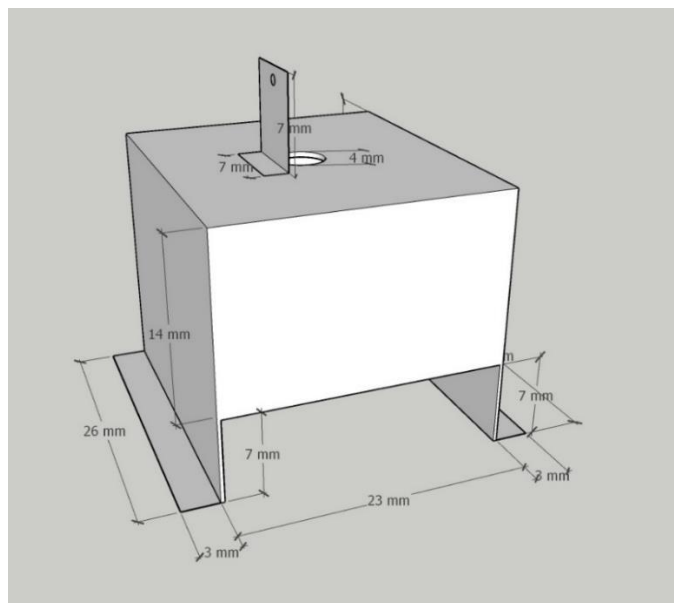


Ilustración 8-3: Planos de la cabina oscura.

Realizado por: Peñalosa Aldaz, José, 2022.

Se construyó la caja de iluminación como se observa en la ilustración 9-3 en la cual se ingresó el producto de análisis para su captura. Su construcción fue hecha con tol debido a su fácil manejo, las paredes interiores de la cabina oscura son de color blanco para evitar la presencia de colores con la presencia de luz emitidas por la iluminación led.



Ilustración 9-3: Vista posterior de la cabina de luz

Realizado por: Peñaloza, José, 2022.

Para la iluminación se utilizó un módulo de 3 luces led a cada lado de la caja. Los módulos instalados en la cabina oscura se muestran en la ilustración 10-3.



Ilustración 10-3: Instalación de módulos led en la cabina oscura.

Realizado por: Peñaloza, José, 2022.

Se comprobó el funcionamiento de los módulos led como se observa en la ilustración 11-3, además que se utilizó una base de fondo blanco donde ira colocada la papa para su posterior captura.



Ilustración 11-3: Encendido de módulos led.

Realizado por: Peñaloza, José, 2022.

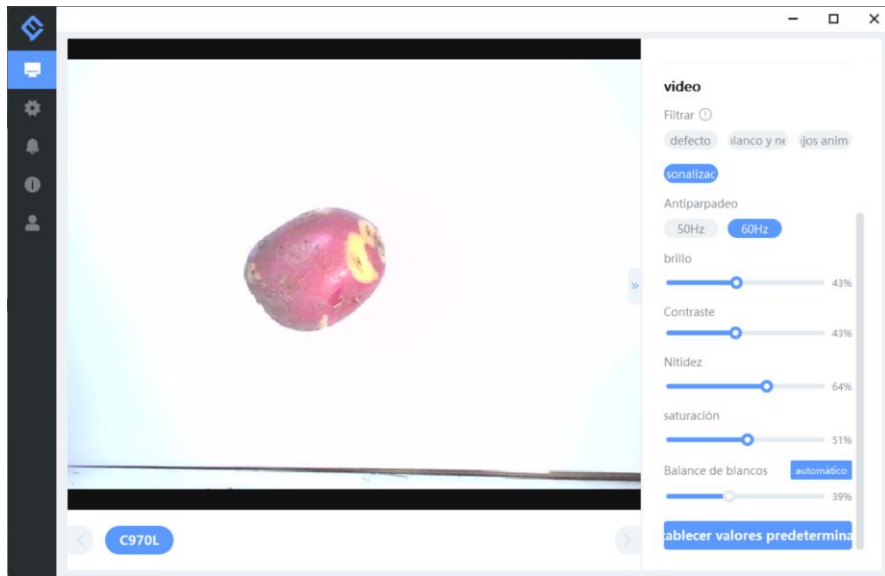
3.2.2 Configuración de parámetros de la cámara web

Analizando los parámetros de la cámara, junto con la iluminación y la papa en el interior de la cabina oscura se configura los valores de brillo, nitidez de la cámara con el software eMeetLink pretendiendo obtener una imagen de mejor calidad. Los valores por defecto y cambiados se muestran en la tabla 3-3. En las ilustraciones 12-3 a y b se muestran la diferencia de la imagen de la papa con los valores por defecto y ajustados respectivamente.

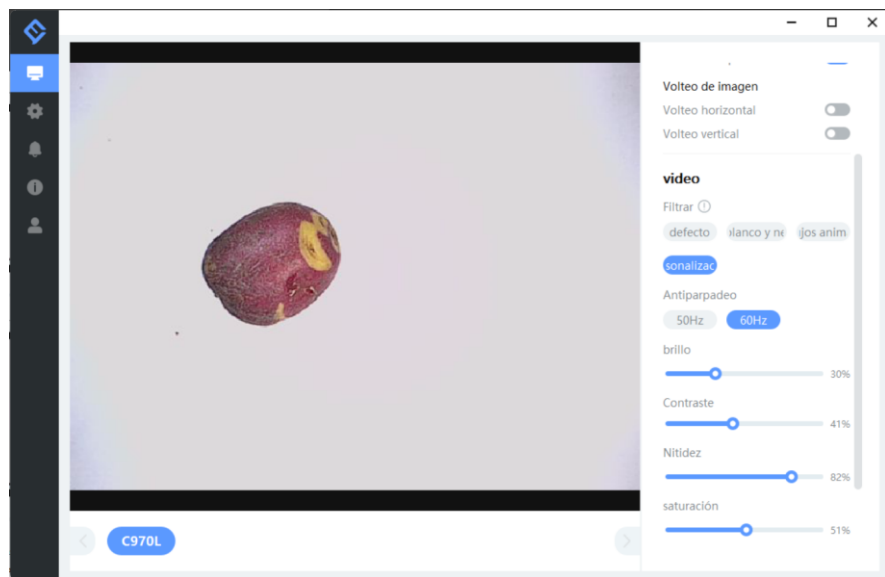
Tabla 3-3: Valores de los parámetros de la cámara Emeet C970L

Parámetros	Brillo	Contraste	Nitidez
Valores por defecto	43%	43%	64%
Valores ajustados	30%	41%	82%

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.



a)



b)

Ilustración 12-3: Parámetros de la cámara eMEET C970L a) valores predeterminados b) configuración propia

Realizado por: Peñalosa, José, 2022.

3.2.3 Captura de imágenes

Para la obtención de la base de datos del producto de análisis, se preparó la papa después de su cosecha, lavándola para eliminar impurezas y suciedad como se observa en la figura 9-3 y dejando secar, esto se muestra en la ilustración 13-3.



Ilustración 13-3: Lavado de las papas

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.



Ilustración 14-3: Secado de las papas

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

Después de la preparación de la papa, estuvo lista para la captura de imágenes del producto y su posterior procesamiento y análisis de parámetros de calidad. Uno de los parámetros es la clasificación en base al diámetro en mm del lado más largo de la papa, para la obtención de esta medida se hace uso de un calibrador pie de rey como se observa en la ilustración 14-3, que ayudara a comprobar el tamaño real de la papa y el calculado mediante el procesamiento de imágenes.



Ilustración 15-3: Medición de diámetro de la papa mediante calibrador pie de rey.

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

El código para la obtención de la base de datos se realizó en Matlab con la interfaz de guide mostrada en la ilustración 15-3, el código se puede encontrar en el Anexo A.

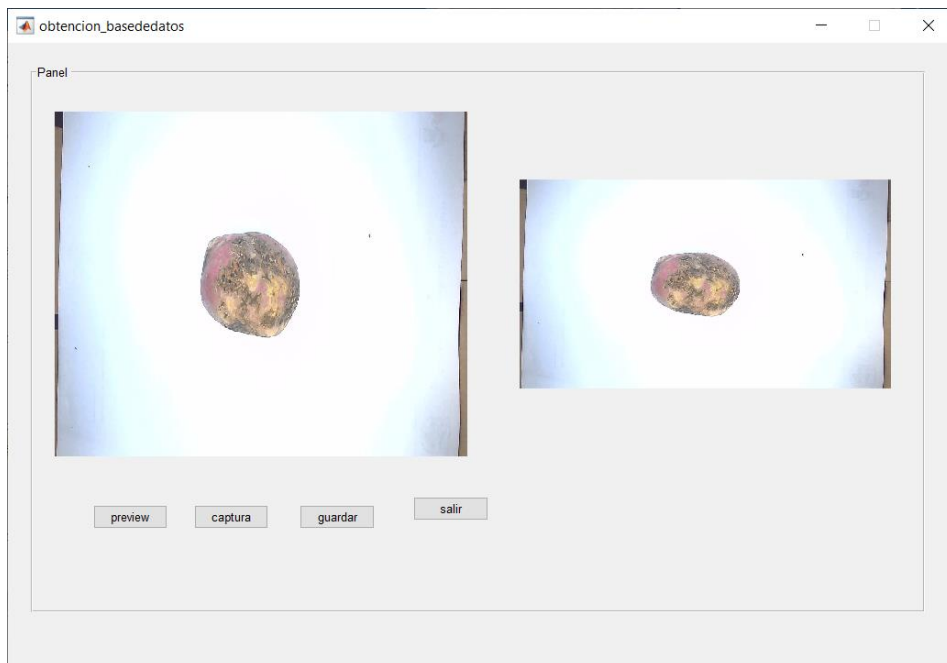


Ilustración 16-3: Interfaz Gráfica guide en Matlab para la obtención de base de datos.

Realizado por: Peñaloza, José, 2022.

Para que la cámara web funcione correctamente se establecieron variables globales: *camList* para obtener la lista de cámaras conectadas a la computadora y *cam* para elegir la cámara web a utilizar en este caso se utilizó la número 1. El código se muestra en la ilustración 17-3.

```
global camList
global cam
camList = webcamlist
cam=webcam(1);

global hImage;

hImage = image('Parent',handles.axes1);
```

Ilustración 17-3: Definición de variables para utilizar la cámara web.

Realizado por: Peñaloza, José,2022.

En la ilustración 16-3 se puede observar botones, cada uno tiene su función y se detallan a continuación junto con el código empleado.

El botón *preview* permite visualizar en tiempo real el video captado por la cámara web y se muestra en el primer recuadro, esto se logra con los comandos mostrados en la ilustración 18-3.

```
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
    global hImage;
    global cam
    axes(handles.axes1);
    preview(cam,hImage)
```

Ilustración 18-3: Código para visualizar las imágenes al presionar el botón *preview*.

Realizado por: Peñaloza, José,2022.

Al presionar el botón *capturar* se muestra la imagen en el segundo recuadro, esto se consigue llamando la variable *cam*, el comando *snapshot* que captura la imagen en ese instante e *imshow* que permite visualizar en el *axis2* de la interfaz *guide*. Los comandos se visualizan en la ilustración 19-3.

```

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)

    global foto;
    global cam
    foto = snapshot(cam);
    axes(handles.axes2);
    imshow(foto)

```

Ilustración 19-3: Código para capturar y visualizar la imagen.

Realizado por: Peñaloza, José,2022.

Una vez capturada la imagen de la zona de interés con el botón guardar se puede almacenar la imagen. En la ilustración 20-3 se muestra el código en donde con la variable *ent* se establece el nombre de la imagen y con el comando *imwrite* se escoge la ruta de almacenamiento y el formato de imagen que en este caso fue .png.

```

function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
    global foto;

    % Guarda la imagen en la ubicación especificada y con el nombre
    ent = input('Nombre de la imagen: ','s'); % El usuario escribe
    %mkdir('base de datos'); % Crea la carpeta
    imwrite(foto,['fotos para pruebas\',ent, '.png']); % Se guarda e

```

Ilustración 20-3: Código para guardar la imagen capturada.

Realizado por: Peñaloza, José,2022.

Se obtuvo un total de 500 imágenes para la base de datos, entre papas consideradas como dañadas por alteraciones de enfermedades y causadas por daños mecánicos, además se seleccionó 4 diferentes tamaños para su posterior clasificación en base a la norma INEN1516.

3.3 Implementación

3.3.1 Preprocesamiento de imágenes

Una vez obtenida la base de datos de imágenes de las papas, se desarrolló el código mediante el software Matlab para clasificar la papa en base a su tamaño y encontrar defectos en la superficie de la papa mediante funciones propias de Matlab.

A continuación, se presentan las funciones utilizadas para la conversión de imágenes RGB a binario y su posterior procesamiento. El código completo se encuentra en el anexo B.

1. Como primer paso se cargó la imagen mediante el comando *imread* desde la base de datos obtenida.
2. Para mejor análisis se recortó el tamaño de la imagen, *imcrop*.
3. Se convirtió la imagen en escala de grises con *rgb2gray*
4. Se binarizó la imagen para facilitar el posterior procesamiento, *imbinarize*
5. Mediante una función *g* y las variables *m*, *E* se cambia el contraste de la imagen para que las manchas y daños de la papa sean más notorios.

El código para la ejecución de los pasos 1 al 4 se puede observar en la ilustración 21-3. Se lee la imagen de la base de datos almacenada de forma local en la computadora, con la dirección exacta. A continuación, se recortó la imagen considerando que la papa no quede fuera de la imagen pero que si se puedan eliminar las zonas oscuras.

```
I=imread('F:\TESIS\simulaciones\base de datos\img7.png');

I1=imcrop(I,[95 12 530 427]); % Se recorta la imagen original

I2=rgb2gray(I1);

level=graythresh(I2); % Valor de umbral
BW=~imbinarize(I2,level); % Imagen binaria

figure()
imshow(I);
figure()
subplot(2,3,1);
imshow(I1);
subplot(2,3,2);
imshow(I2);
subplot(2,3,3);
imshow(BW)
```

Ilustración 21-3: Código para preprocesamiento de imágenes.

Realizado por: Peñaloza, José,2022.

Los resultados, se muestra en la ilustración 22-3 de izquierda a derecha. Para graficar esto se utilizó la función *subplot* de matlab.

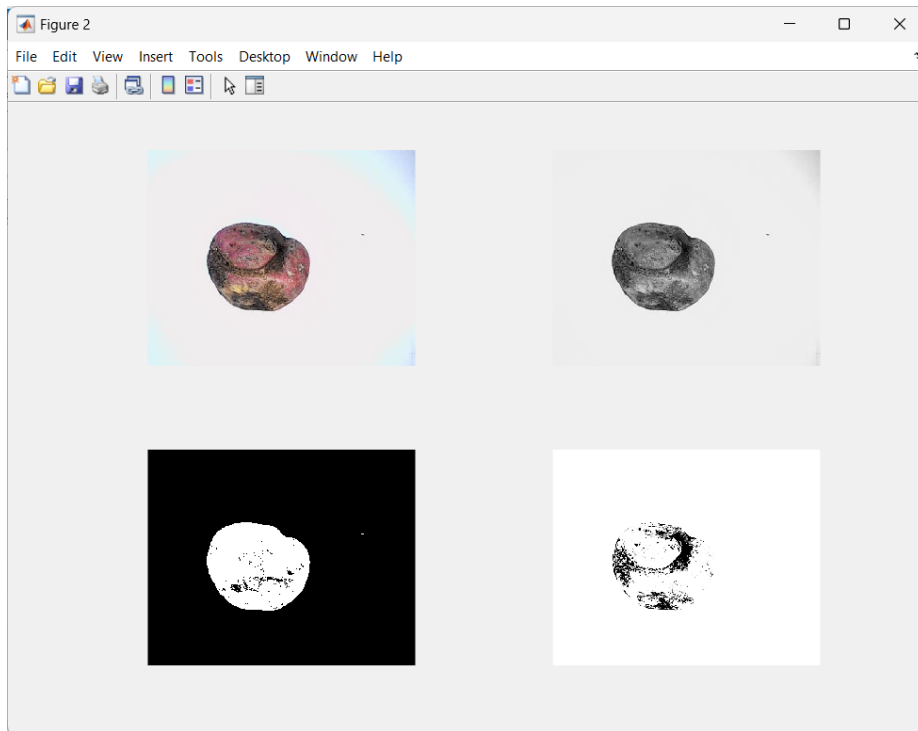


Ilustración 22-3: Gráfico de resultados de imágenes utilizando las funciones de matlab.

Realizado por: (Peñaloza José,2022)

Para el recorte de una imagen se utilizó la función de Matlab `imcrop`, como se menciona en el paso 3, en donde se obtiene la posición con las coordenadas X, Y para elegir el tamaño de recorte, como se observa en la ilustración 23-3.

Para el paso 4 se utilizaron los comandos `graythresh` e `imbinarize`, con esto se consiguió una imagen en blanco y negro. El comando `graythresh` obtiene el valor de umbral mediante el método Otsu que basados en un histograma de la imagen con el número de píxeles para cada valor de nivel de gris se elige un valor de umbral adecuado en donde los niveles de grises menores a este umbral serán convertidos en negro y de lo contrario en blanco. El comando `imbinarize` convierte la imagen de grises en blanco y negro haciendo uso de este umbral.

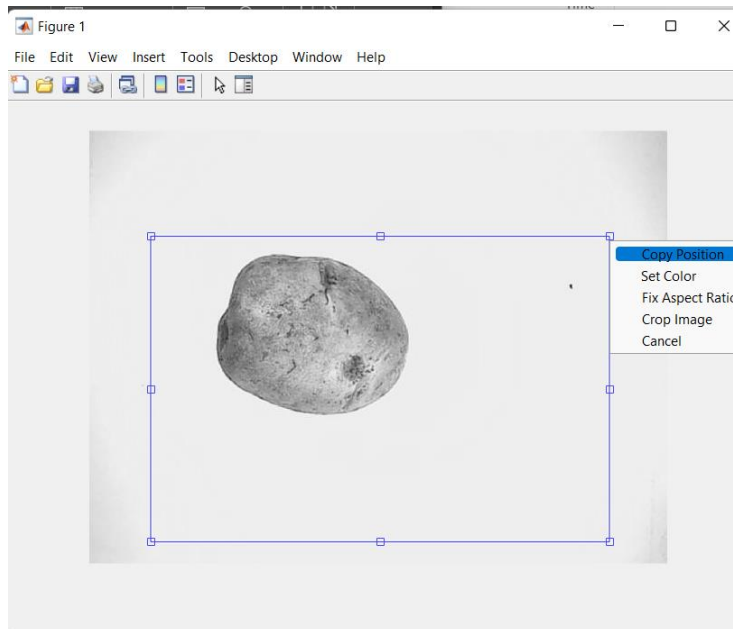


Ilustración 23-3: Función de Matlab imcrop utilizado para recortar una imagen.

Realizado por: Peñaloza, José, 2022

Para el paso 5, se utilizó la función `g`, mostrada en la ilustración 24-3, representa una transformación de aumento de contraste, obteniendo una imagen de mayor contraste que la original en este caso `I2`, almacenada en la variable `f`. Se oscurecen los valores de gris menores que `m` e ilumina los que sobrepasan este valor y con la constante `E` se puede controlar la pendiente, es decir el valor de intensidad de salida de la imagen, que para este caso se estableció en el valor de 20.

```
f= I2;
E=20;

m=77;

g = 1./(1+(m./(double( f )+ eps)).^E);
subplot(2,2,4);
imshow(g)
```

Ilustración 24-3: Código para cambiar el contraste de la imagen.

Realizado por: Peñaloza, José, 2022

En la ilustración 25-3 se muestra la curva de aumento de contraste que se ha basado.

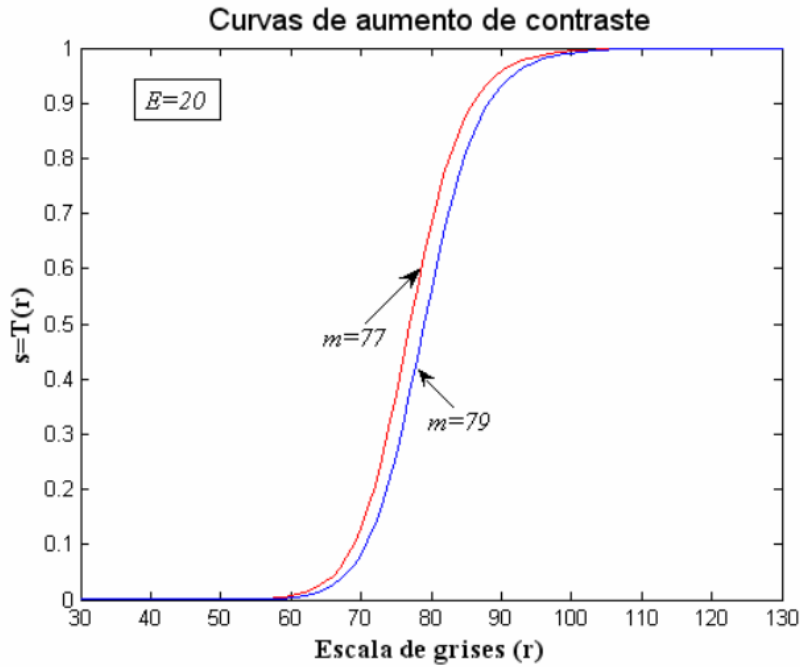


Ilustración 25-3: Curva de aumento de contraste

Fuente: (Pastor Torres 2006, p. 144)

Realizado por: Peñaloza, José,2022

3.3.2 Segmentación

En la ilustración 26-3 se obtuvo una imagen binaria con la que se trabajó, sin embargo, al utilizar la función de Matlab regionprops que muestra características de la imagen binaria como el área, la excentricidad, eje mayor de la elipse, etc. Se tuvieron puntos huecos en la imagen dentro y fuera de la papa, como se observa en la ilustración 26-3 que perjudicaban el análisis de los requerimientos a obtener para la calidad de la papa por lo que es necesario eliminarlos.

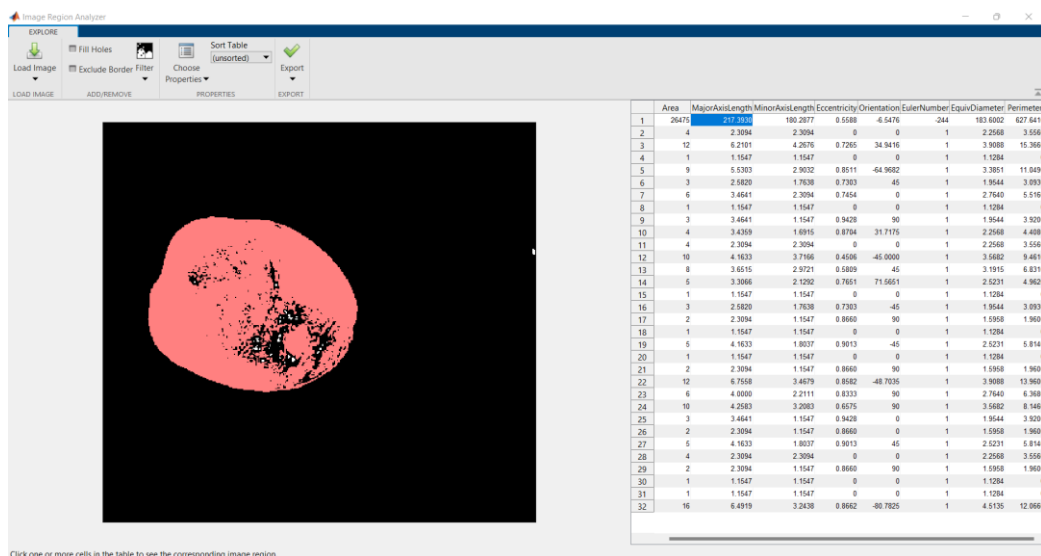


Ilustración 26-3: Gráfico de la app regionprops de Matlab.

Realizado por: Peñaloza, José,2022.

Para eliminar estos puntos dentro de la papa se rellenó la forma con el objetivo de obtener únicamente la forma completa de la papa que posterior nos ayudará a obtener el contorno y su diámetro. Para esto se hace uso de la función `imfill` de Matlab como se muestra en la ilustración 27-3. El resultado se muestra en la ilustración 28-3.

```
[f1,c1]=size(BW); % Tamaño de la imagen binaria
relleno=imfill(BW,'holes'); % Relleno de huecos
subplot(2,3,5);
imshow(relleno)

relleno2 = bwareaopen(relleno,1230);
subplot(2,3,6);
imshow(relleno2)
```

Ilustración 27-3: Código para rellenar y eliminar huecos en la papa.

Realizado por: Peñaloza, José,2022.

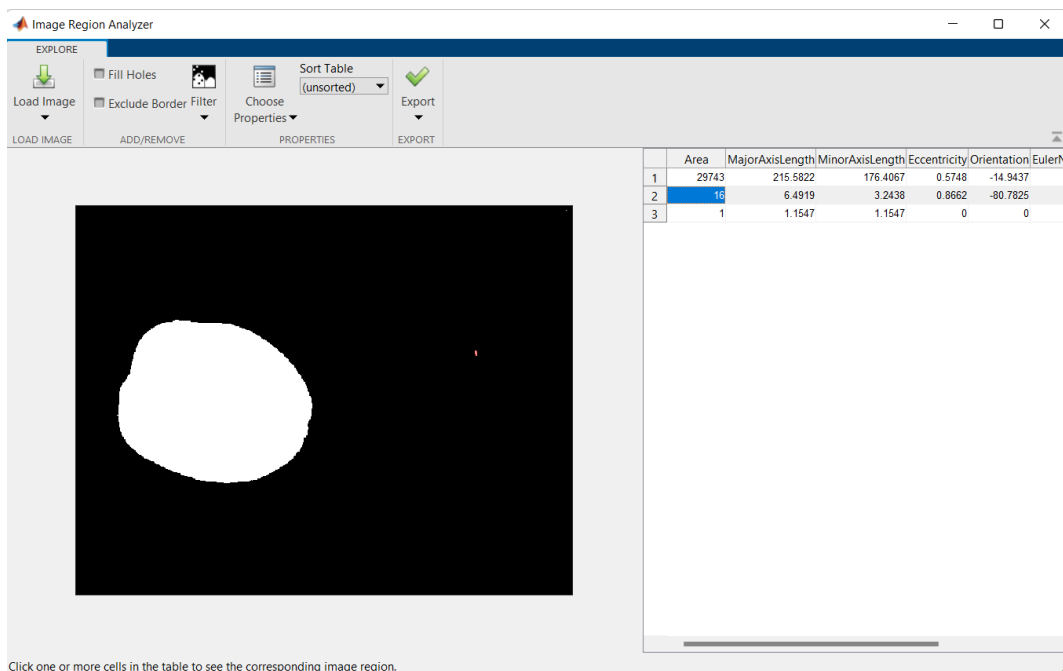


Ilustración 28-3: Gráfico de la app `regionprops` de Matlab después de aplicar la función `imfill` a la imagen binaria.

Realizado por: Peñaloza, José,2022.

Se obtuvo una imagen sólida de un solo valor dentro de la papa que facilita para el posterior análisis sin embargo fuera de la papa se obtuvieron puntos o valores que no son necesarios.

Para eliminar estos valores se filtró la imagen eliminando los puntos o manchas que sean menores a 1230 píxeles, este valor se escogió considerando que el valor de la papa más pequeña de la base

de datos es de 1291 pixeles en su área. Se utiliza la función `bwareaopen` de Matlab como se muestra en la ilustración 27-3 y el resultado de filtrar esto se observa en la ilustración 29-3.

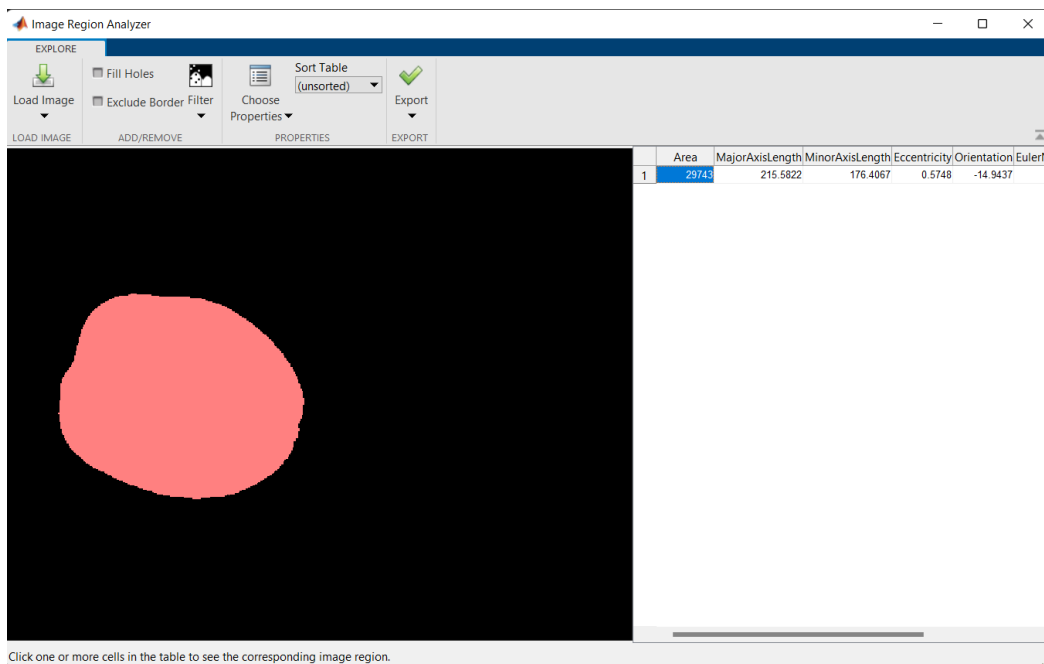


Ilustración 29-3: Gráfico de la aplicación `regionprops` de Matlab después de aplicar la función `bwareaopen` a la imagen binaria.

Realizado por: Peñaloza, José, 2022.

3.3.3 Descripción y extracción de características de la papa

El siguiente paso fue analizar las características de la imagen y acoplar con los requerimientos de la clasificación de la papa y detectar algún tipo de daño en su superficie, basados en la norma INEN 1516.

3.3.3.1 Tamaño

Para la calificación de la papa en base a su tamaño, se debió obtener el valor en su eje mayor para esto se hizo uso de la función `regionprops` y se obtuvo el valor del eje mayor de la elipse para posteriormente obtener el tamaño de la papa transformando el valor de los pixeles a milímetros mediante la relación de la ecuación (1).

$$R = \frac{\text{Tamaño en pixeles}}{\text{Tamaño real medido}} \quad (1)$$

El valor del tamaño real es el que se obtuvo midiendo la papa con el calibrador pie de rey. El valor de la relación es de 3, que se obtuvo sacando la media de los valores que se tienen en la tabla 4-3.

El número de muestras fue obtenido en base a la norma INEN 1750 (Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) 1994, p. 8), que menciona que el tamaño mínimo de la muestra para el ensayo es de 2 Kg para las hortalizas medianas, dentro de la cual se encuentra la papa como se muestra en el anexo D. Se escogieron papas al azar entre medianas y pequeñas obteniendo un total de 20 papas que se aproximan a los 2 Kg de peso por lo que se trabajó con este valor de papas para la muestra mínima.

Tabla 4-3: Valores para la obtención de la relación del tamaño de la papa.

Número de papa	Tamaño real de la papa en mm	Tamaño en pixeles de la imagen de la papa (cara principal y posterior)		Relación del tamaño en pixeles vs tamaño real	
1	70	215,5822	214,8658	3,08	3.07
2	101	321,5493	314,9783	3,18	3.12
3	48	129,1701	131,2178	2,69	2.73
4	69	208,0669	207,4643	3,02	3.01
5	78	237,3465	238,9984	3,04	3.06
6	64	197,9501	192,7882	3,09	3.01
7	64	190,5370	193,4644	2,98	3.02
8	55	161,4230	158,4459	2,93	2.88
9	54	170,2522	170,1882	3,15	3.15
10	63	179,8116	186,1819	2,85	2.96
11	51	146,9235	146,8074	2,88	2.88
12	91	288,1040	283,7032	3,17	3.12
13	69	205,9974	206,6444	2,99	2.99
14	64	193,8482	188,9828	3,03	2.95
15	30	88,8485	89,8810	2,96	0.00
16	26	77,7911	78,6847	2,99	3.00
17	65	196,7912	187,3661	3,03	3.03
18	57	169,9040	169,6470	2,98	2.88
19	46	141,8492	137,6766	3,08	2.98
20	47	139,0801	136,0709	2,96	2.99

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

En base a esta relación se clasificó la papa según la tabla proporcionada por la norma INEN 1516, para esto se debió comparar el valor obtenido en la imagen con cada rango de la categoría y asignar una categoría, esto se logró dividiendo el valor en pixeles del eje mayor de la papa con la relación obtenida que es de 3 para luego comparar estos valores como se muestra en la ilustración 30-3. La sentencia *for* se utilizó en caso de que existan más de una papa en la imagen.

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%clasificar segun diametro
ejema=cat(1,s3.MajorAxisLength);
rel=ejema/3;

for n=1:size(ejema)
    if (rel(n,1)>=65)
        categ='primera';
        u2=1;
    elseif (rel(n,1)>=45 && rel(n,1)<65)
        categ='segunda';
        u2=2;
    elseif (rel(n,1)>=30 && rel(n,1)<45)
        categ='tercera';
        u2=3;
    elseif (rel(n,1)>=10 && rel(n,1) <30)
        categ='cuarta';
        u2=4;
    else
        categ='sin categoria';
        u2=0;
    end
end

```

Ilustración 30-3: Código para clasificación por tamaño de la papa

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

3.3.3.2 Forma

Otro parámetro de calidad que se menciona en la norma INEN 1516 es que la papa no debe de tener deformaciones o estén en proceso de germinación es decir con raíces, para lograr controlar esto se hizo uso de la característica de circularidad de la función de regionprops de Matlab.

Analizando la base de datos se obtuvo que el valor mínimo de circularidad para una forma aceptable es de 0.89, por lo cual las imágenes con valor de circularidad menor a esta se consideraran como deformes. En la ilustración 31-3 se muestra el código utilizado.

```

formas=cat(1,s2.Circularity);
if formas<0.88
    vforma=0;% no aceptable
    text1='es deforme';
    u1=0;
else
    vforma=1;% aceptable
    text1='tiene forma aceptable';
    u1=1;
end

```

Ilustración 31-3: Código para determinar la forma de la papa

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

Tal es el caso para una papa con raíces como se observa en la ilustración 31-3 que tiene valor de circularidad de 0.7269 por lo que fue considerada como deforme y una papa con protuberancias mostrada en la figura ilustración 32-3 con valor de circularidad de 0.5656.

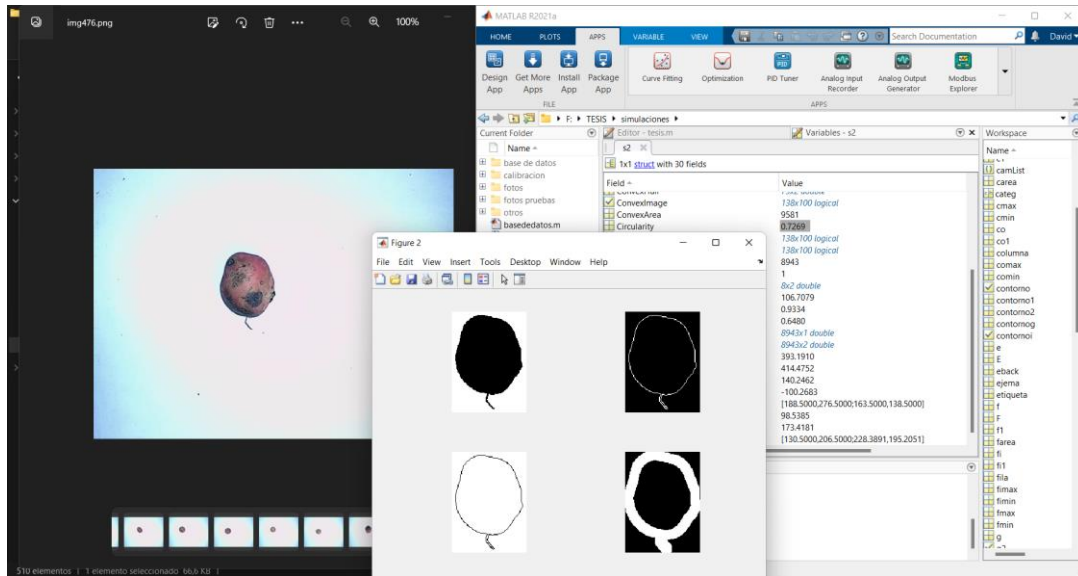


Ilustración 32-3: Gráfico de la papa real con raíces, después de la segmentación y su valor de circularidad.

Realizado por: Peñalosa Aldaz, José, 2022.

Tal es el caso para una papa con raíces como se observa en la ilustración 32-3 y una papa con deformaciones mostrada en la ilustración 33-3.

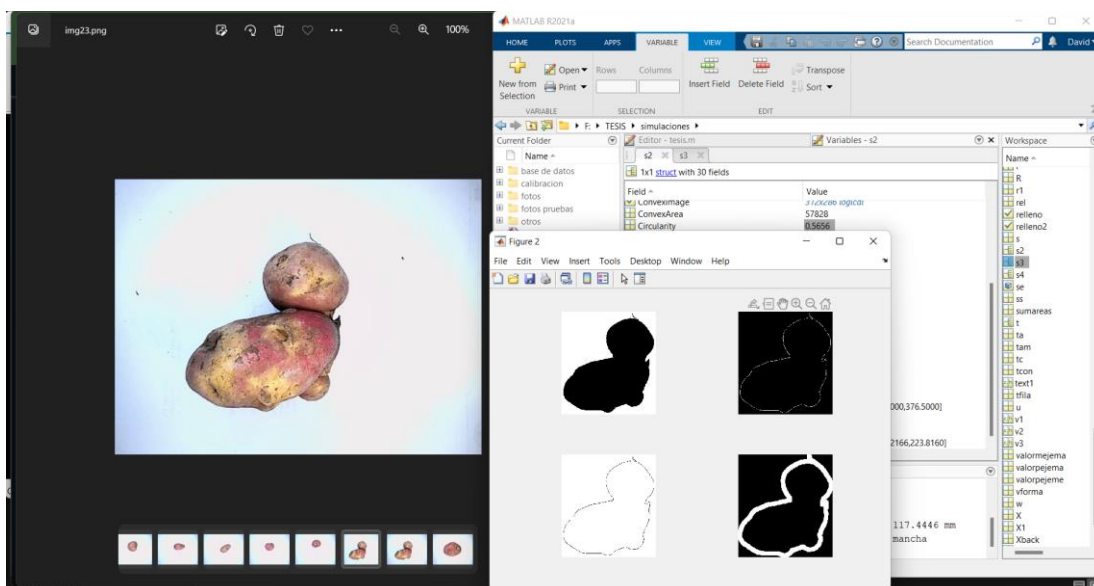


Ilustración 33-3: Gráfico de la papa real deforme, después de la segmentación y su valor de circularidad.

Realizado por: Peñalosa Aldaz, José, 2022.

3.3.3.3 Color

Otro factor que determina una papa como dañada es el color, es decir que si presenta el color verde se considera como una papa dañada, el código que permitió determinar esta característica se muestra en la ilustración 34-3 y 35-3. Primero se generó matrices de ceros y que almacenen los valores RGB, perteneciendo la matriz *mil1* al color rojo, *mil2* al color verde *mil3* al color azul. Se analizaron los valores y se consideró que el color verde está entre valores de 100 y 160 por lo que se busca estos valores en la toda la matriz de la imagen de la papa, en donde la constante *tfila* es el valor de pixeles que pertenece a la figura de la papa, *fm* contiene los valores de las filas y *cm* los valores de las columnas de hasta 8 bits de la papa, por último, se almacenó estos valores en una matriz de unos.

```
manb1=zeros(f1,c1); % Generación de matriz de ceros
manb2=zeros(f1,c1);
manb3=zeros(f1,c1);
mil3=I1(:, :, 3);
mil1=I1(:, :, 1);
mil2=I1(:, :, 2);

for u=1:tfila

    %lo valores del color verde estan entre 100 y 160
    if ((mil1(fm(u,1),cm(u,1))>=105) && (mil1(fm(u,1),cm(u,1))<=150))
        manb2(fm(u,1),cm(u,1))=1; % Matriz para elaborar máscara,
    end
end
```

Ilustración 34-3: Código para encontrar los valores de color verde de una papa

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

Después con el comando *bwlabel* se dio valores de etiquetas a esta matriz y se utilizó *regionprops* para obtener el área de la nueva región, debido a que no se obtendrá una sola figura sólida se eliminaron las áreas menores a 15 píxeles, se rellena la forma y se considera una papa de color verde si supera en el 50% de toda la papa como se muestra en la ilustración 35-3.

```

L8=bwlabel (manb2);
s8=regionprops (L8, 'all');
manb2c = bwareaopen (manb2, 15);
rellc=imfill (manb2c, 'holes');
L9=bwlabel (rellc);
s9=regionprops (L9, 'all');

areaspv=cat (1, s9.Area);
[Amaxpv, Pepv]=max (areaspv);
pv=Amax/2;

if Amaxpv>=pv
    papacolor=' verde';
    u9=0;
else
    papacolor=' normal';
    u9=1;
end

```

Ilustración 35-3: Código para determinar el color de la papa.

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

Como se puede observar en la ilustración 36-3 se procesó una imagen de color verde y el resultado fue correcto. Además, que se muestran los otros parámetros ya revisados como la forma y tamaño en milímetros.

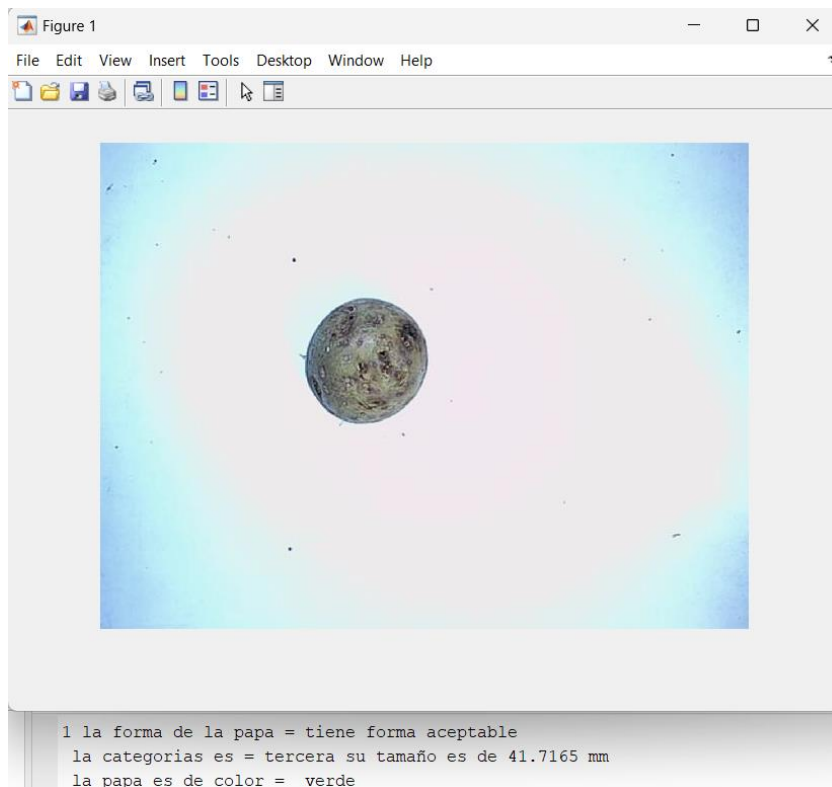


Ilustración 36-3: Comprobación del color verde de la papa.

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

3.3.3.4 Daños en la superficie.

Una papa es considerada como papa con daños por diferentes factores tales como daños mecánicos, defectos fisiológicos, causada por patógenos o por insectos. Para este trabajo se analizó dos parámetros, los daños mecánicos y daños causados por agentes externos.

Para el análisis de las manchas de la superficie se separaron del conjunto de la papa y analizaron una por una, para el proceso de separación de cada mancha se realizaron los siguientes pasos:

1. Aumentar el contraste de la imagen para priorizar las posibles manchas.
2. Recortar el área de interés de la imagen y binarizar la imagen.
3. Etiquetar cada mancha y eliminar las que no correspondan.
4. Separar las manchas.

A continuación, se detallan cada uno de los pasos con el código que se utilizó para este proceso.

Para el primer paso se utilizó la función `g` y se consideró aumentar el valor de `m` para las papas pequeñas con área menor a 3700 pixeles debido a que por su tamaño no se visualizan tan bien las posibles manchas. El código se muestra en la ilustración 37-3.

```
f= 12;  
E=20;  
  
%si la papa es pequeña m=100 cuando el area menor a 3700  
  
if areas<3700  
    m=100;  
else  
    m=77;  
end  
g = 1./(1+(m./(double( f )+ eps)).^E);
```

Ilustración 37-3: Código para aumentar el contraste considerando las papas pequeñas.

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

En la ilustración 38-3 se presenta a la izquierda la imagen de la papa capturada y a la derecha el resultado de aumentar el contraste.



Ilustración 38-3: Papa real y el resultado de aumentar el contraste.

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

El segundo paso consistió en recortar el área de interés con el comando *imcrop* alrededor de la papa y convertirla en binario utilizando *imbinarize*, con esto se consiguió una imagen binaria en blanco y negro. En la ilustración 39-3 se muestra el código utilizado. La imagen recortada alrededor de la papa se logró utilizando las variables *cmin*, *cmax*, *fmin*, *fmax* que almacenan los valores máximos y mínimos de las posiciones de las filas y columnas donde se encuentra la papa.

```

#####paso 2  recortar y binarizar la iamgen.
|
grecorte=imcrop(g, [cmin fmin (cmax-cmin) (fmax-fmin)]);
figure()
    subplot(1,2,1);
    imshow(grecorte)

level=graythresh(grecorte);
binarizado1=~imbinarize(grecorte, level); % Imagen binaria
subplot(1,2,2);
imshow(binariado1)

```

Ilustración 39-3: Código para recortar y binarizar la imagen.

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

El resultado de segundo paso se muestra en la ilustración 40-3. A la izquierda la imagen recortada del resultado del primer paso y a la derecha la imagen binaria en blanco y negro.

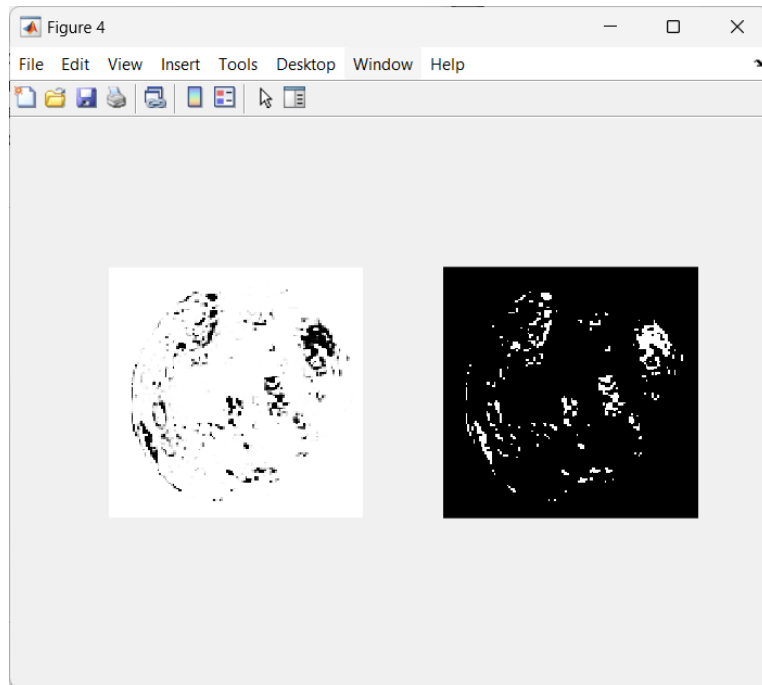


Ilustración 40-3: Papa recortada y conversión a blanco y negro

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

El tercer paso consistió en eliminar las áreas menores a 29 píxeles con el comando *bwreaopen* almacenando en la variable *g2*, debido a que las manchas con estos valores pueden ser de suciedad o impurezas en la superficie de la papa, incluso una mancha de daño muy pequeño que no afecta a la papa y que no tiene un área sólida. Luego de esto se etiquetó cada mancha con el comando *bwlabel* y se utiliza la función *regionprops* para obtener características de la imagen binaria como el área, tamaño de la elipse, etc. El código se muestra en la ilustración 41-3.

%%paso 3 etiquetar la imagen.

```
g2 = bwareaopen(binarizado1,29);
L3=bwlabel(g2);
s4=regionprops(L3,'all');
level2=graythresh(L3);
BWxxback=~imbinarize(L3,level2);

figure()
subplot(1,2,1);
imshow(binarizado1)
subplot(1,2,2);
imshow(g2)
```

Ilustración 41-3: Código para etiquetar las manchas y eliminar las pequeñas.

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

En la ilustración 42-3 se muestra a la izquierda la papa en blanco y negro después del paso 2 y a la derecha el resultado después de eliminar las manchas muy pequeñas.

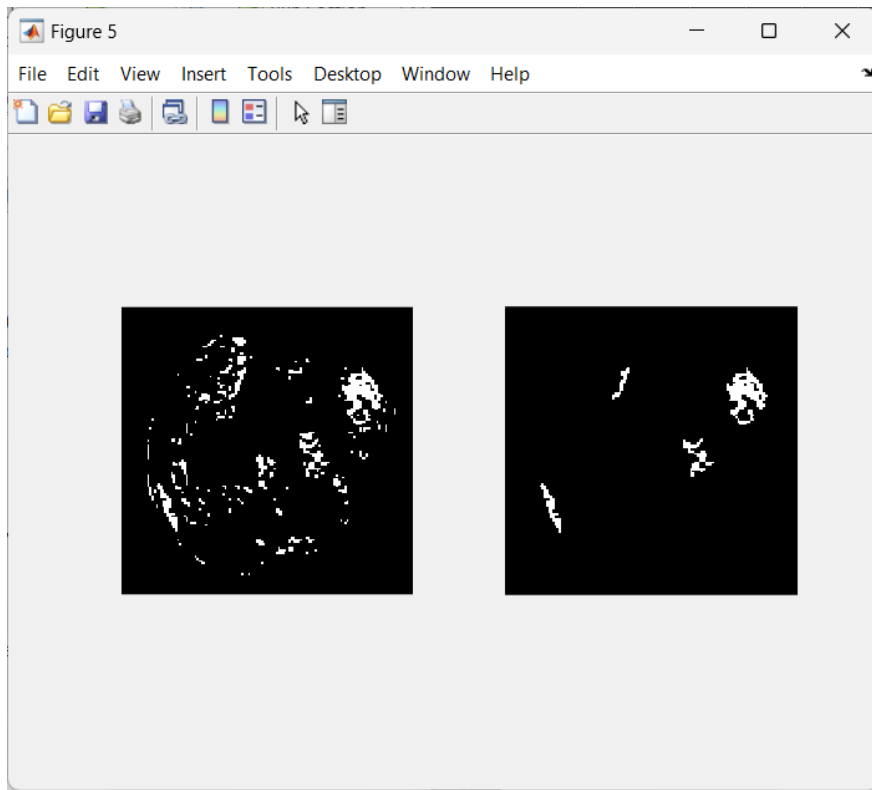


Ilustración 42-3: Eliminación de manchas muy pequeñas.

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

Finalmente, para el cuarto paso se separaron cada una de las manchas para poder observarlas mejor. Debido a que cada mancha ya fue etiquetada, se realizó un ciclo *for* hasta el valor máximo de la etiqueta, es decir hasta la última mancha y se almacenó en una matriz valores de 1 en las posiciones que se encuentra la mancha, este código se muestra en la ilustración 43-3.

Se recortó la imagen para cada mancha y se graficó en una misma figura con el comando *subplot*, las manchas obtenidas se muestran en la ilustración 44-3.

```

figure()
for e=1:eback
% Separando el posible error %
[fi,co]=find(L3==e);
[s,ss]=size(fi);
cmax=max(co)+10;
fmax=max(fi)+10;
Matriz=zeros(fmax,cmax); % Genera imagen de ceros
for u=1:s
Matriz(fi(u,1),co(u,1))=1; % Matriz con el error separado
end
%Situando el posible error en una imagen pequeña %
[fil,col]=find(Matriz==1); % Encuentra posición del error
fimax=max(fil)+1; % Encuentra valores para el recorte
fimin=min(fil)-1;
comax=max(col)+1;
comin=min(col)-1;
R=imcrop(Matriz, [comin fimin (comax-comin) (fimax-fimin)]);

subplot(2,eback,e);
imshow(R)
end

```

Ilustración 43-3: Código para separar las manchas.

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

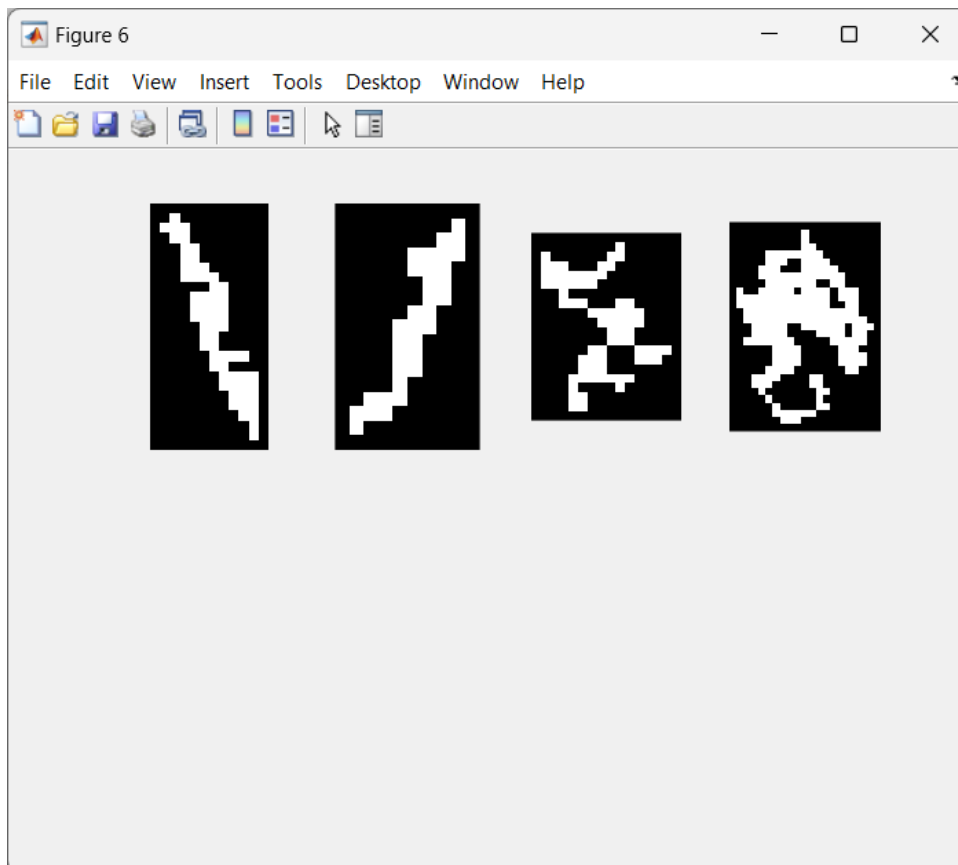


Ilustración 44-3: Manchas obtenidas de la superficie de la papa

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

Considerando que una papa presenta grietas o algún otro tipo de mancha en base a las características se relacionó al grupo que pertenece.

Cuando una papa presente grietas tal como lo indica la norma INEN1516 con longitud mayor que la mitad de la papa en el eje correspondiente a la grieta, estas pueden ser causadas por daños mecánicos, fisuras, cortes o mordeduras debido a agentes físicos o incluso de algún tipo de roedor. Para esto se obtuvieron variables con el valor de longitud del eje mayor de la elipse de las grietas además la mitad de los ejes mayor y menor de la papa. Luego se comparó mediante un ciclo *for* el tamaño de cada mancha con la mitad del tamaño de los ejes de las papas, en caso de que supere este valor sería considerado como grieta. Este código se muestra en la ilustración 45-3,

```
valorpejema=(cat(1,s2.MajorAxisLength))/2;
valorpejeme=(cat(1,s2.MinorAxisLength))/2;
valormejema=cat(1,s4.MajorAxisLength);
Lm = length(valormejema);

areasmanchas=cat(1,s4.Area);
sumareas=0;

for e1=1:Lm

    if valormejema(e1,1) > valorpejema(1,1) || valormejema(e1,1) > valorpejeme(1,1)

        grietas='la papa presenta grietas ';
        u3=0;
        v3=[grietas,'se observa en la ',num2str(e1),' mancha'];
        disp(v3);
    else
        u3=1;
    end
    sumareas=sumareas+areasmanchas(e1,1);
end
```

Ilustración 45-3: Código para determinar grietas.

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

En la ilustración 46-3 se muestra una papa con grietas a la izquierda y a la derecha la separación de esta grieta en base a cada uno de los pasos explicados antes.

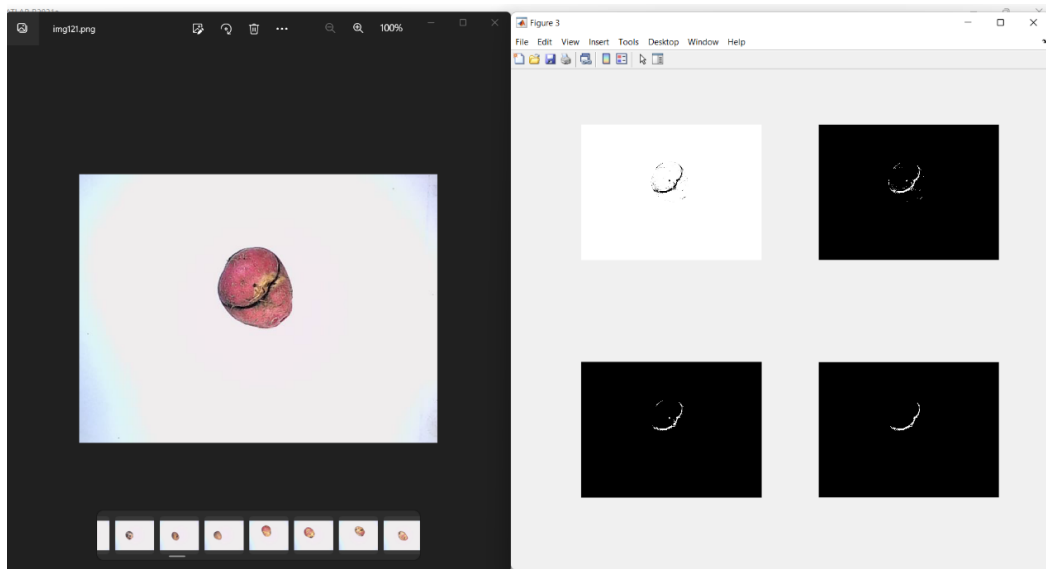


Ilustración 46-3: Papa con grietas y separación de la mancha.

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2022.

Para que una papa se considere que tiene manchas debe tener un área establecida debido a que se puede confundir con restos de tierra u otro elemento que no sea considerado como dañino para el consumo humano y sea considerado como papa apta. El algoritmo para aquello se ha establecido de la siguiente forma, si una papa presenta menos o igual a tres manchas en su superficie y no son grietas, se clasificó como papa buena, caso contrario si presenta más de tres manchas en su superficie y superan el área establecida fue considerada como una papa dañada. Esta área fue escogida después de analizar varias papas de la base de datos, de las cuales la mayoría que son manchas tienen un área total mayor a 95 píxeles.

En la ilustración 46-3 se muestra el código para determinar si una papa contiene manchas perjudiciales o no, para lo cual en la variable *eback* se almacenó el máximo valor de etiquetas de la figura de las manchas, por lo cual corresponde al total de manchas presentes en la superficie de la papa, en base a lo que se mencionó si la papa presenta menos de 3 manchas y su área es menor a 95 píxeles se considera como una papa que presenta manchas, pero son aptas para el consumo humano y caso contrario son manchas por algún factor externo. Esto se logró almacenando la suma de todas las áreas de las manchas como se muestra en la ilustración 44-3.

```

if eback>0
if eback<=3 && sumareas<=95

    manchas='la papa presenta manchas pequeñas que pueden ser de tierra ';
    u5=1;
    v5=[manchas];
    disp(v5);
else
    manchas='la papa presenta manchas causado por insectos o daños del medio ambiente ';
    u5=0;
    v5=[manchas];
    disp(v5);
end
end

```

Ilustración 47-3: Código para determinar la existencia de manchas.

Realizado por: Peñalosa Aldaz, José, 2022.

En la ilustración 48-3 se observa una papa que contenía manchas y que en base al algoritmo de Matlab efectivamente ha sido clasificada así.

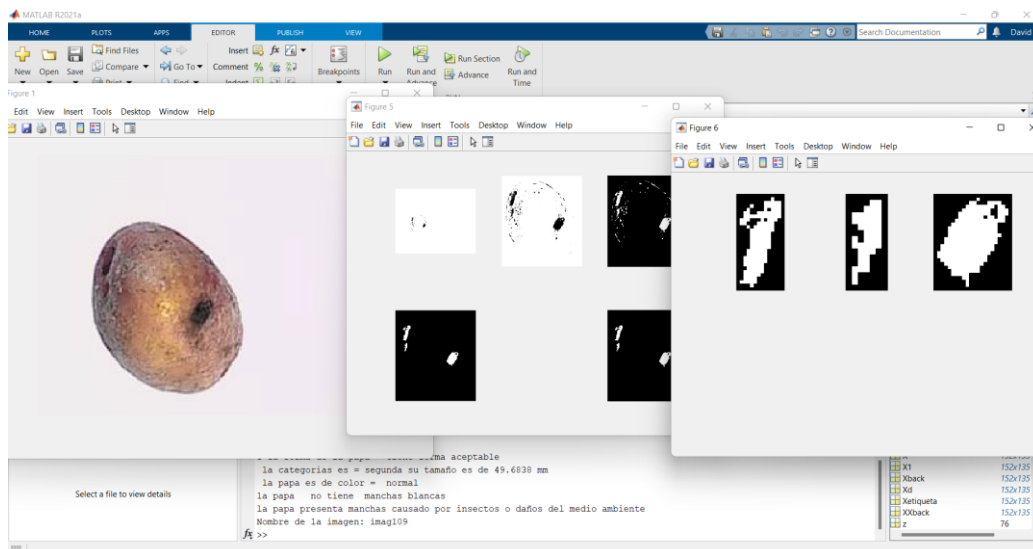


Ilustración 48-3: Gráfico de la papa real y segmentación de las 3 manchas en su superficie.

Realizado por: Peñalosa Aldaz, José, 2023.

En el caso de la ilustración 49-3 la papa presentó dos manchas, en base al algoritmo el área de la segunda mancha supera el valor de 95 píxeles por lo que se clasificó como una papa dañada.

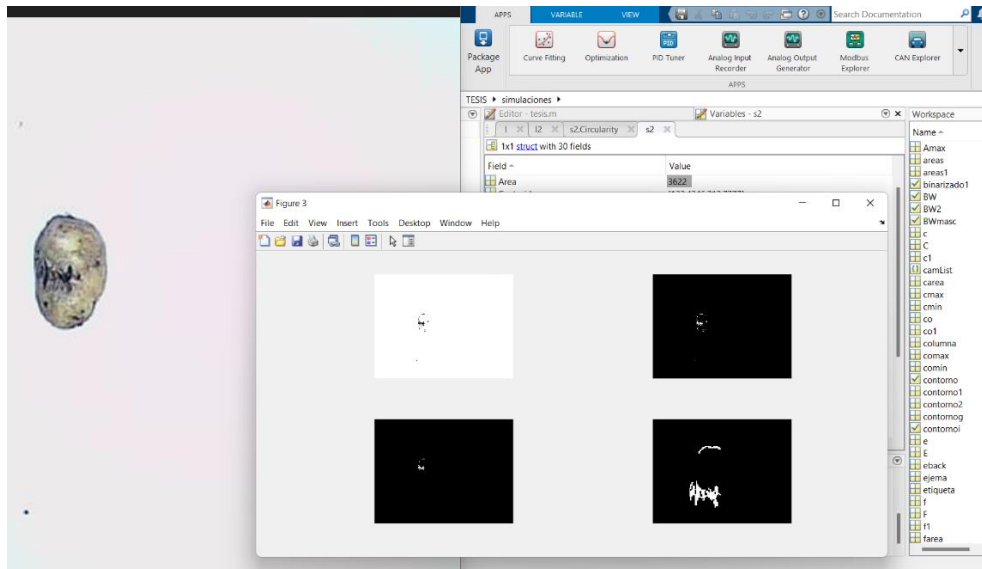


Ilustración 49-3: Gráfico de la papa real y segmentación de las 2 manchas en su superficie.

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2023.

Una vez considerados los parámetros de calidad basados en la Norma INEN 1516 se almacenaron las imágenes de cada una de las papas en cinco grupos: papas dañadas y las papas consideradas como aptas para el consumo humano son clasificadas en base a su tamaño en mm tal como la Norma lo establece, categorías primera, segunda, tercera y cuarta la misma que no se consideró para la comercialización.

3.3.4 Reconocimiento e Interpretación de imagen de la papa

Para esta la última etapa se clasificó las papas en categorías y almacenó en distintas carpetas, para la predicción e interpretación de los resultados se utilizó machine learning con ayuda del modelo de regresión *softmax* que consiste en una capa directamente conectada para el entrenamiento del sistema y la otra capa que será utilizada para la clasificación automática de las papas en base a lo aprendido. Se utilizó una red neuronal preentrenada llamada resnet50, mediante la cual con la primera capa se dividió la carpeta de imágenes para el entrenamiento y test y con la última capa obtener las categorías, que serán predichas en base a la imagen de entrada. El código se muestra en el anexo B.

CAPITULO IV

4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El diseño del sistema y panel de control para la obtención de resultados se muestra a continuación en la ilustración 1-4.

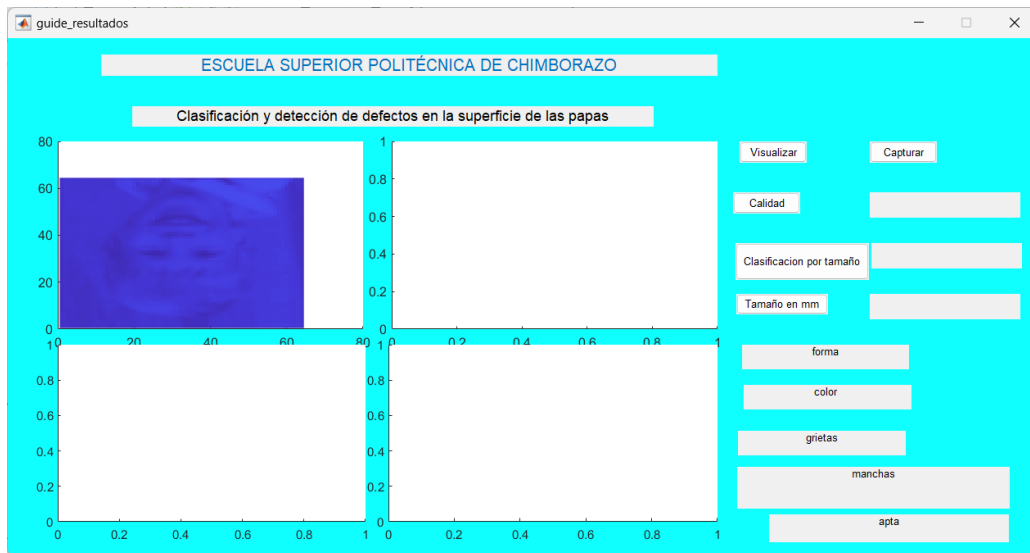


Ilustración 1-4: Interfaz guide del panel de control para la clasificación y detección de defectos de la papa.

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2023.

Al ejecutarse el programa, se puede hacer click en el botón visualizar para iniciar el video capturada por la cámara como se muestra en la ilustración 2-4.

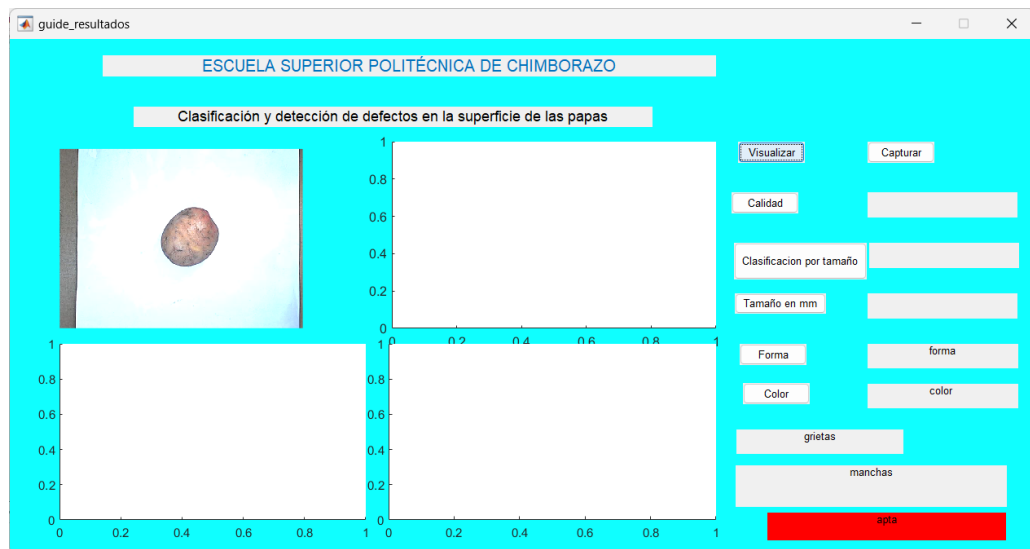


Ilustración 2-4: Inicio del video al presionar el botón visualizar del panel de control.

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2023.

Para iniciar el proceso de prueba y obtención de los resultados de cada uno de los parámetros de la clasificación y defectos de la papa se presiona en el botón de capturar. En el axis 2 se muestra la imagen capturada y recortada de la papa, en el axis 3 la máscara de la papa en escala de grises que ayuda a determinar el tamaño para su clasificación en mm y visualiza la forma. En el axis 4 se muestra la presencia de defectos en la superficie de las papas, tales como: cortes por algún factor mecánico conocido como grietas, manchas causadas por algún insecto o factor natural. En la ilustración 3-4 se puede observar que no existe ninguna mancha o grieta en la superficie de la papa además de que tiene forma normal y los tonos de colores son acordes al tipo de papa por lo que el resultado final es apta para el consumo humano.



Ilustración 3-4: Resultados obtenidos de una papa sin manchas ni grietas.

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2023.

La iluminación es importante para realizar las pruebas sobre todo para determinar la presencia de algún defecto en la superficie de la papa. En la ilustración 4-4 se puede observar la captura sin iluminación de la imagen de una papa que a pesar de que el resultado de calidad arroje como una papa buena mediante la ayuda de *machine learning* mientras que con la imagen obtenida en la escala de grises se puede determinar que la papa no está en buenas condiciones.

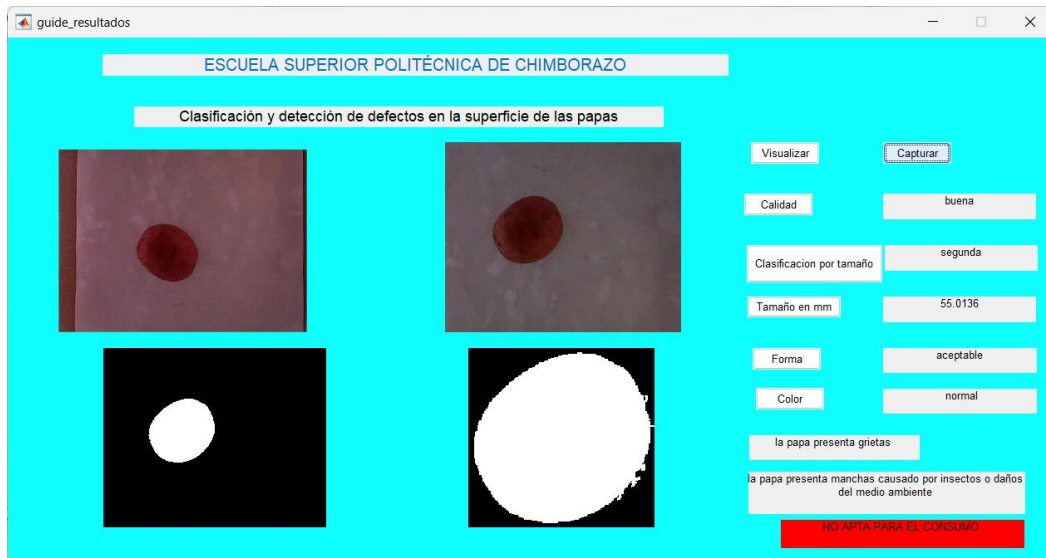


Ilustración 4-4: Resultados obtenidos de una papa capturada sin ningún tipo de iluminación.

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2023.

Para la validación del sistema se ha escogido una muestra de 20 papas entre buenas y dañadas, en base a los parámetros ya analizados en capítulos anteriores de la Norma INEN 1516, estas características se muestran en la tabla 1-4. La comparación del tamaño en mm para su posterior clasificación se lo hizo de forma manual con la ayuda de un calibrador. En la figura 5-4 se muestra el tamaño de la papa en el calibrador pie de rey de la papa número 1.



Ilustración 5-4: Medición de la papa 1 con el calibrador pie de rey

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2023.

Tabla 1-4: Valores de las características de la muestra de las papas de forma manual.

N de papa	Tamaño real de la papa en mm	Defectos en la superficie	Forma	Color	Calidad
1	55	Pequeñas grietas formadas por la luz solar que no afectan a la calidad.	Aceptable	Normal	Buena
2	56	Pequeñas manchas que no afectan a la calidad.	Aceptable	Normal	Buena
3	55	Pequeñas grietas formadas por la luz solar que no afectan a la calidad.	Aceptable	Normal	Buena
4	74.5	Daños causados por insectos. Contiene raíces.	Deforme.	Normal	Dañada
5	64.5	Daños causados por el medio ambiente.	Deforme	Normal	Dañada
6	51	Daños causados por el medio ambiente e insectos.	Deforme	Normal	Dañada
7	50	Presencia de raíces grandes.	Deforme	Normal	Dañada
8	42	Daños causados por insectos.	Aceptable	Normal	Dañada
9	60	Daños causados por insectos.	Deforme	Normal	Dañada
10	47	Ninguna considerable.	Aceptable	Normal	Buena
11	48	Daños causados por insectos.	Aceptable	Normal	Dañada
12	47.5	Manchas de tierra que no afectan a la calidad.	Aceptable	Normal	Buena
13	40	Ninguna.	Aceptable	Normal	Buena
14	45	Daños causados por insectos y manchas de tierra.	Deforme	Normal	Dañada
15	47	Manchas muy pequeñas de tierra.	Aceptable	Normal	Buena
16	32	Ninguna.	Aceptable	Normal	Buena
17	35.5	Manchas de tierra que no afectan a la calidad.	Aceptable	Normal	Buena
18	48	Daños causados por insectos.	Aceptable	Normal	Dañada
19	38	Daños causados por insectos y luz solar.	Aceptable	Verde con amarillo	Dañada
20	25	Presenta raíces.	Aceptable.	Verde	Dañada

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2023.

En la ilustración 6-4 se tiene la medición manual de la papa numero 4 con el calibrador pie de rey, que nos da un valor de 74.5 mm, sin embargo, considerando la raíz del extremo de la papa se tiene un valor de 76 mm.



Ilustración 6-4: Medición con el calibrador pie de rey de la papa número 4.

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2023.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos por el sistema. Como se puede observar en la ilustración 5-4 para la papa número 3 de la muestra, el resultado es de buena calidad y sin presencia de manchas o grietas. Además, se muestra el tiempo de ejecución del sistema desde la captura de la imagen hasta la muestra de resultados en la interfaz gráfica, para este caso es de 4.46 segundos.

```
ans =  
  
 'la imagen pertenece a la categoría buena'  
  
Elapsed time is 4.462232 seconds.
```

Ilustración 7-4: Resultados obtenidos de la papa número 3.

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2023.

En la ilustración 8-4 se observa los resultados de la papa número 4, que es de forma y color normal sin embargo presenta daños causados insectos y medio ambiente, además de la presencia de pequeñas raíces que en base al sistema se detecta como una papa deforme y en base a estos parámetros como una papa dañada y no apta para el consumo.

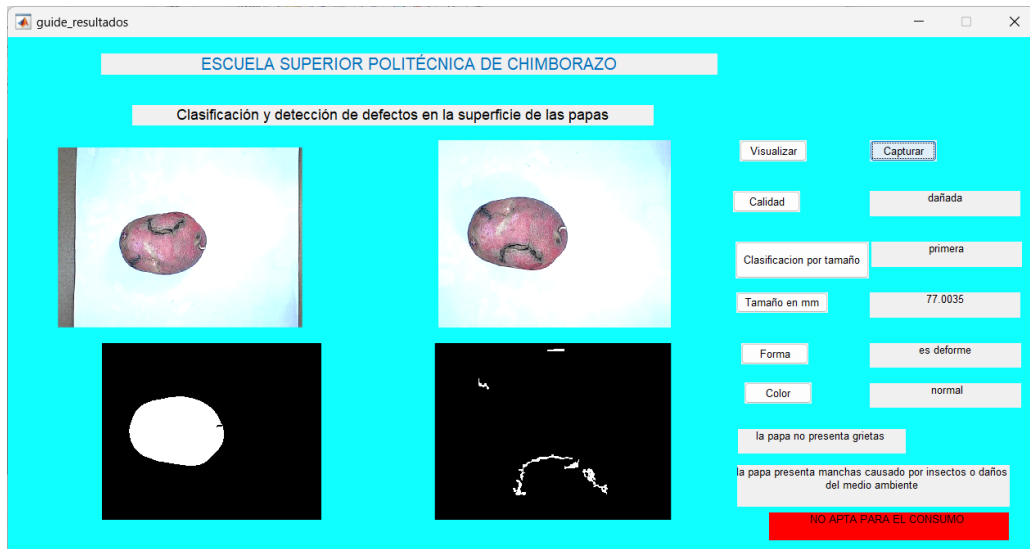


Ilustración 8-4: Resultados obtenidos de la papa número 4.

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2023.

La papa numero 5 presenta varios daños causados por el medio ambiente, lo que también afecta la forma y se considera como no apta o de mala calidad. El tiempo de ejecución del sistema es de 5.83 segundos. Estos resultados se observan la ilustración 9-4.

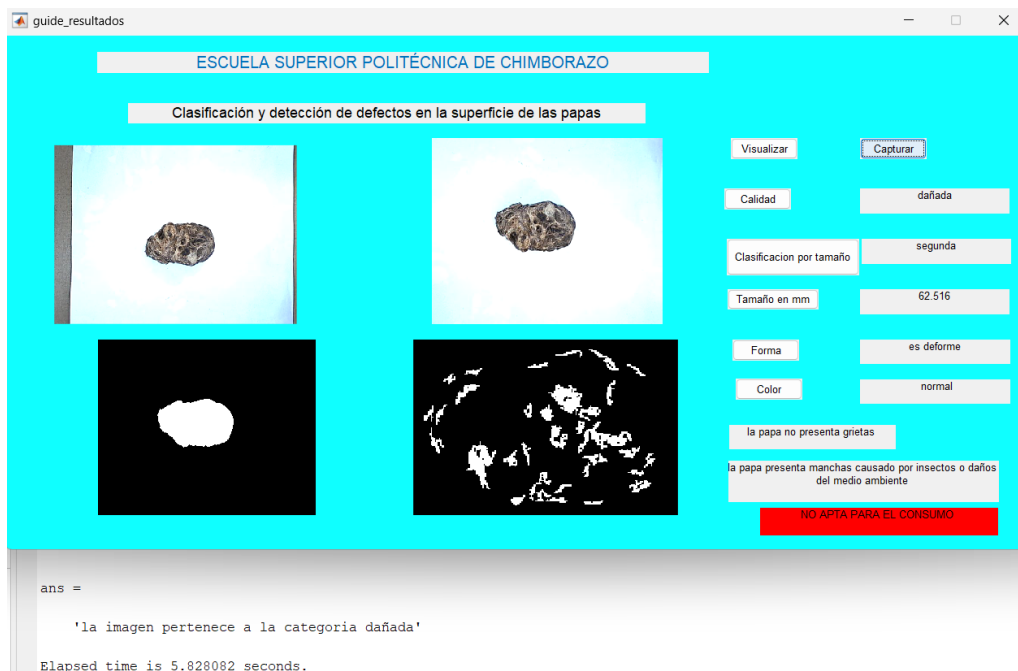


Ilustración 9-4: Resultados obtenidos de la papa número 5.

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2023.

La papa numero 6 presenta manchas causados por el medio ambiente, además que se puede observar que tiene forma parecida a un triángulo que no va acorde con la de una papa normal, y efectivamente en el sistema se muestra como resultado que es deforme en la ilustración 10-4.

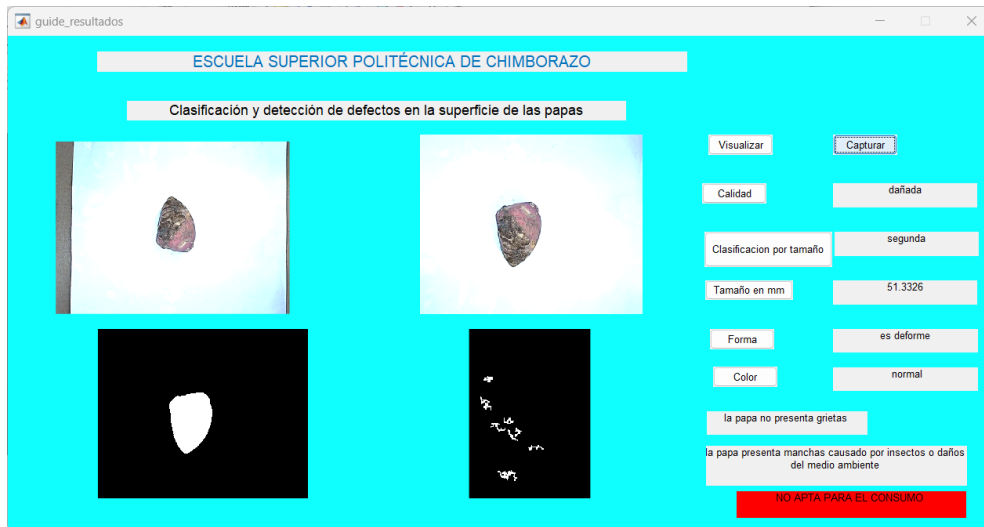


Ilustración 10-4: Resultados obtenidos de la papa número 5.

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2023.

La papa número 20 es una papa de color verde, causados por problemas ambientales y en la ilustración 11-4 se presentan los resultados que efectivamente su color es verde, además que presenta raíces en su superficie por lo que fue clasificada como no apta para el consumo.



Ilustración 11-4: Resultados obtenidos de la papa número 20.

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2023.

En la tabla 2-4 se muestran los resultados de predicción obtenidos por el sistema, con las mismas características de la tabla 1-4.

Tabla 2-4: Valores de las características de la muestra de papas obtenido por el sistema.

Número de papa	Tamaño predicho de la papa en mm	Defectos en la superficie	Forma	Color	Calidad
1	55	Ninguna	Aceptable	Normal	Buena
2	56.97	Manchas posibles de tierra.	Aceptable	Normal	Buena
3	54.78	Ninguna	Aceptable	Normal	Buena
4	77	Daños causados por el medio ambiente o insectos.	Deforme	Normal	Dañada
5	66.05	Daños causados por el medio ambiente o insectos.	Deforme	Normal	Dañada
6	51.33	Daños causados por el medio ambiente o insectos.	Deforme	Normal	Dañada
7	51.72	Daños causados por el medio ambiente o insectos.	Deforme	Normal	Dañada
8	43.4	Daños causados por el medio ambiente o insectos.	Aceptable	Normal	Dañada
9	59.94	Daños causados por el medio ambiente o insectos.	Deforme	Normal	Dañada
10	48.39	Manchas posibles de tierra.	Aceptable	Normal	Dañada
11	48.54	Daños causados por el medio ambiente o insectos.	Aceptable	Normal	Dañada
12	47.51	Manchas posibles de tierra.	Aceptable	Normal	Buena
13	40	Ninguna	Aceptable	Normal	Buena
14	46.2	Daños causados por el medio ambiente o insectos.	Aceptable	Normal	Dañada
15	47.27	Ninguna	Aceptable	Normal	Buena
16	31.45	Ninguna	Aceptable	Normal	Buena
17	36.16	Manchas posibles de tierra.	Aceptable	Normal	Buena
18	49.97	Daños causados por el medio ambiente o insectos.	Aceptable	Normal	Buena
19	37.81	Ninguna	Aceptable	Normal	Dañada
20	62.83	Daños causados por el medio ambiente o insectos.	Deforme	Verde	Dañada

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2023.

Una vez obtenido los resultados de las pruebas, se comparan las tablas con los resultados de la predicción del sistema y los datos de observación con la ayuda de una matriz de confusión que se muestra a continuación en la tabla 3-4.

Tabla 3-4: Matriz de confusión.

	Predicción		
	Calidad	Buena	Dañada
Observación	Buena	8	1
	Dañada	1	10

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2023.

Para calcular la exactitud se utiliza la ecuación (2) basada en la matriz de confusión. Sumando los valores positivos es decir la cantidad de papas buenas y valores negativos para las papas malas dividido para el total de papas analizadas. El resultado exactitud es de 0.9 que representa el 90% del total como se muestra en la ecuación (4).

$$\text{Exactitud} = \frac{\text{Verdaderos positivos} + \text{Verdaderos negativos}}{\text{Total}} \quad (2)$$

$$\text{Exactitud} = \frac{8+10}{20} \quad (3)$$

$$\text{Exactitud} = 0.9 \quad (4)$$

De igual forma se calcula la exactitud para cada una de las características establecidas en las tablas 1-4 y 2-4. En la ecuación (5) se muestra el cálculo de la exactitud para los defectos presentes en la superficie de la papa, con 17 aciertos y se obtuvo como resultado el 85 %.

$$\text{Exactitud de defectos en la superficie} = \frac{\text{Número de aciertos}}{\text{Total}} \quad (5)$$

$$\text{Exactitud} = \frac{17}{20} \quad (6)$$

$$\text{Exactitud} = 0.85 \quad (7)$$

A continuación, se tiene el cálculo de la exactitud de la forma de la papa para lo cual se consideró que una papa deforme es la que presenta raíces, presenta desviación de la forma normal o tiene crecimientos de otra papa sobre una misma papa. Se obtuvo como resultado el 95% de exactitud en la ecuación (10).

$$\text{Exactitud de forma} = \frac{\text{Número de aciertos}}{\text{Total}} \quad (8)$$

$$\text{Exactitud} = \frac{19}{20} \quad (9)$$

$$\text{Exactitud} = 0.95 \quad (10)$$

El valor de exactitud del color se tiene en la ecuación (13), fue del 95% en base al número de aciertos mostrada en la ecuación (12) de la cual únicamente se tenía un error.

$$\text{Exactitud de color} = \frac{\text{Número de aciertos}}{\text{Total}} \quad (11)$$

$$\text{Exactitud} = \frac{19}{20} \quad (12)$$

$$\text{Exactitud}=0.95 \quad (13)$$

Para encontrar la exactitud del tamaño de la papa obtenido por el sistema con respecto al medido de forma manual se obtuvo la diferencia en mm para cada una de las papas analizadas después se calculó el porcentaje con la ecuación (14). Estos valores se muestran en la tabla 4-4.

$$\text{Porcentaje}=\frac{\text{Diferencia}}{\text{Menor valor}} \quad (14)$$

Tabla 4-4: Cálculo de la diferencia entre valores del tamaño real y predicho de la papa

N de papa	Tamaño real de la papa en mm	Tamaño predicho de la papa en mm	Diferencia	Valores ordenados de menor a mayor	Porcentaje %
1	55	55	0	-0.55	0.00
2	56	56.97	0.97	-0.22	1.73
3	55	54.78	-0.22	-0.19	0.40
4	74.5	77	2.5	-0.06	3.36
5	64.5	66.05	1.55	0	2.40
6	51	51.33	0.33	0	0.65
7	50	51.72	1.72	0.01	3.44
8	42	43.4	1.4	0.27	3.33
9	60	59.94	-0.06	0.33	0.10
10	47	48.39	1.39	0.54	2.96
11	48	48.54	0.54	0.66	1.13
12	47.5	47.51	0.01	0.97	0.02
13	40	40	0	1.2	0.00
14	45	46.2	1.2	1.39	2.67
15	47	47.27	0.27	1.4	0.57
16	32	31.45	-0.55	1.55	1.75
17	35.5	36.16	0.66	1.72	1.86
18	48	49.97	1.97	1.83	4.10
19	38	37.81	-0.19	1.97	0.50
20	61	62.83	1.83	2.5	2.91

Realizado por: Peñaloza Aldaz, José, 2023.

El rango de variación entre la diferencia de los valores del tamaño predicho menos el tamaño real de la papa medido con el calibrador de rey están entre -0.55 y 2.5 milímetros. El porcentaje de esta variación máximo es del 3.44 % que puede considerarse como el valor máximo de error.

Se obtuvo un valor de media del 0.766, para los valores del porcentaje de la variación entre la medición manual y los predichos por el sistema.

En la tabla 5-4 se muestra el porcentaje para la diferencia de todas las muestras tomadas en tiempo real mediante el sistema con el método manual, para cada una de las relaciones.

Tabla 5-4: Valores de porcentaje al variar la relación de pixeles con la medición manual

Porcentaje relación =3.0	Porcentaje relación =3.1	Porcentaje relación =2.9	Porcentaje relación =3.05	Porcentaje relación =3.04	Porcentaje relación =3.03	Porcentaje relación =3.02
0.000	3.226	3.448	1.667	1.333	1.000	0.667
1.732	1.574	5.240	0.064	0.394	0.725	1.058
-0.400	3.748	3.034	2.075	1.740	1.406	1.071
3.356	0.022	6.920	1.634	1.996	2.332	2.671
2.403	0.908	5.934	0.724	1.056	1.389	1.725
0.647	2.669	4.118	1.013	0.682	0.351	0.019
3.440	0.103	7.007	1.744	2.079	2.416	2.755
3.333	0.000	6.897	1.639	1.974	2.310	2.649
0.100	3.437	3.345	1.768	1.435	1.101	0.767
2.957	0.365	6.508	1.270	1.603	1.938	2.276
1.125	2.184	4.612	0.536	0.206	0.124	0.455
0.021	3.312	3.470	1.645	1.312	0.979	0.645
0.000	3.333	3.448	1.667	1.333	1.000	0.667
2.667	0.649	6.207	0.984	1.316	1.650	1.987
0.574	2.743	4.043	1.086	0.755	0.423	0.092
1.719	5.140	1.670	3.445	3.105	2.766	2.427
1.859	1.447	5.372	0.189	0.519	0.851	1.185
4.104	0.746	7.694	2.398	2.734	3.073	3.415
0.500	-3.853	2.931	2.178	1.843	1.508	1.173
3.000	-0.324	6.552	1.311	1.645	1.980	2.318

Realizado por: Peñalosa Aldaz, José, 2023.

El tiempo de ejecución del programa varía entre 3 y 6 segundos, que depende principalmente del tamaño de la papa y de las posibles manchas que se determinen en el sistema.

CONCLUSIONES

El sistema ha sido desarrollado para clasificar la papa según la Norma INEN 1516 en tamaño como en calidad escogida una sola variedad de acuerdo con la zona como es la papa chola.

Mediante la revisión bibliográfica de artículos científicos y tesis de varios autores se encontró diferentes tipos de sistemas para el control de la calidad de los alimentos en base a su tamaño, forma y color. Estos sistemas tienen en común las mismas etapas iniciando con la captura de imágenes hasta la obtención de resultados de clasificación, que componen el procesamiento de imágenes, esto ayudó a la selección de los componentes para el desarrollo del sistema.

Para la captura de imágenes se basó en los parámetros de calidad de la papa sobre todo para determinar el color y la existencia de defectos en la superficie, para lo cual se realizó cambios de los valores en los parámetros que son establecidos por defecto por la cámara digital, tales como el brillo, contraste y nitidez mediante el software eMeetlink que proporciona el mismo fabricante de la cámara web eMeet C970L que tiene resolución FullHD de 1920x1080.

Una vez creada la base de datos con imágenes de las papas, se procedió a cumplir con cada una de las etapas como: el preprocesamiento de las imágenes para convertirlas en escala de grises, blanco y negro seguido de la segmentación con la cual se logró una sola área de la papa eliminando las zona que no eran de interés. Luego se continuó con la etapa de descripción para obtener las características que determinan el color, forma y tamaño de la papa mediante la etapa de reconocimiento.

Mediante el uso de machine learning y el modelo de regresión Softmax se definió la categoría de la papa considerada como buena o dañada si presentan grietas o manchas en la superficie de la papa mediante datos almacenados y etiquetados que fueron comparados con las imágenes capturadas en tiempo real.

De la pruebas realizadas mediante la medición manual del tamaño de la papa y compararla con los valores obtenidos por el sistema se determinó que tiene un 90% de efectividad. Para el tamaño de la papa hay una variación de 3.44% con la medición manual. Sin embargo, cuando se varía el valor de la relación del tamaño en pixeles con la medición manual, los valores del porcentaje de la diferencia del sistema varían a un máximo de error del 2.77% para una relación de 3.03.

RECOMENDACIONES

Es necesario realizar una buena limpieza y preparación de la papa, para liberar todas las impurezas presentes en la superficie para su posterior análisis en el sistema implementado mejorando la calidad de la imagen y determinar de mejor manera las posibles manchas o grietas presentes para que no se confundan con algún tipo de impureza o residuo.

Sino se cuenta con los requerimientos necesarios como el hardware, el procesamiento de imágenes y el tiempo de respuesta para la clasificación no sería los más adecuados.

Se puede hacer uso de otros métodos de machine learning como las redes neuronales convolucionales que permitan obtener mejores resultados y con tiempos de respuesta menores.

Se almacenaron 500 imágenes de papas para crear la base de datos, las cuales se utilizaron para determinar la papa más pequeña, los defectos comunes en la superficie de la papa como la presencia de raíces, grietas causados por daños mecánicos, manchas por algún factor ambiental o de algún tipo de insecto, deformaciones que sirvieron para el procesamiento de imágenes y para el entrenamiento del sistema con machine learning, sin embargo se puede utilizar un número mayor de imágenes para crear la base de datos y para realizar las pruebas, con esto se podría aumentar el porcentaje de precisión.

Para futuros trabajos se podría hacer uso de algún método para evaluar los dos lados de la papa al mismo tiempo y de la captura automática de la imagen al ingreso de la papa.

BIBLIOGRAFÍA

ANDRADE, H., 1998. *Variedades de papa cultivadas en el Ecuador* [en línea]. 1998. S.l.: s.n. Disponible en: https://nkxms1019hx1xmtstxk3k9sko-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Variedades_cultivadas_ecuador.pdf.

BALPARDA, N., 2020. *Introducción a Machine Learning* [en línea]. 24 noviembre 2020. S.l.: s.n. Disponible en: <https://www.gub.uy/agencia-gobierno-electronico-sociedad-informacion-conocimiento/sites/agencia-gobierno-electronico-sociedad-informacion-conocimiento/files/2020-11/20201124%20-%20Introducci%C3%B3n%20a%20Machine%20Learning.pdf>.

BESTERFIELD, D.H.; et al., 2009. *Control de calidad* [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 30 abril 2022]. ISBN 978-607-442-877-3. Disponible en: <https://elibro.net/ereader/elibrodemo/85088>.

CÁCERES CÁRDENAS, J.P., 2011. *Sistema de visión artificial para inspección del nivel de llenado de bebidas embotelladas*. Ambato-Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

CUBILLOS RODRÍGUEZ, M.C.; & ROZO RODRÍGUEZ, D., 2009. El concepto de calidad: Historia, evolución importancia para la competitividad. , vol. 48, pp. 80-89.

EL COMERCIO, 2014. En Ecuador se consumen 23 kilos de papa por persona, al año. [en línea]. 7 enero 2014. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/ecuador-se-consumen-23-kilos.html#:~:text=Seg%C3%BAn%20datos%20del%20Ministerio%20de,2010%2D%20abastecimiento%20de%20demanda%20dom%C3%A9stica>.

EMEET, 2022. EMEET SmartCam C970L | Streaming Webcam. *EMEET* [en línea]. [Consulta: 9 junio 2022]. Disponible en: <https://emeet.com/products/webcam-c970l>.

FAO GUATEMALA, 2010. *La papa Un alimento con tradición, nutrición y sabor* [en línea]. 2010. S.l.: s.n. [Consulta: 30 abril 2022]. Disponible en: <https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/6/12880327433890/recetariocorregidobajaresolucionfinal.pdf>.

FUENTES ROJAS, M.A., 2016. *Sistema de visión artificial para el control de calidad de hojas de cuero para la fábrica gamacueros*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.

FURLAN, W.D.; et al., 1998. *Instrumentos ópticos y optométricos: Teoría y prácticas* [en línea]. S.l.: Universitat de València. ISBN 978-84-370-3490-4. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=E-CQUMQzm0MC&pg=PA142&dq=camara+fotografica&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiQ6JOdyIH9AhUQnGoFHV3bBoUQ6AF6BAgJEAI#v=onepage&q=camara%20fotografica&f=false>.

INEN, 1987. *Hortalizas* [en línea]. 1987. S.l.: s.n. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1516.pdf>.

INEN, 2013. *Hortalizas frescas, papas, requisitos*. [en línea]. 2013. S.l.: s.n. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1516-1R.pdf>.

INEN, 2016. INEN al servicio de un país de calidad. [en línea]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/inen-al-servicio-de-un-pais-de-calidad/>.

INFAIMON, 2020. Tipos de sistemas de iluminación. *INFAIMON* [en línea]. Disponible en: <https://infaimon.com/enciclopedia-de-la-vision/iluminacion-frontal/>.

INIAP, 2014a. *Cosecha y poscosecha* [en línea]. 2014. S.l.: s.n. [Consulta: 30 abril 2022]. Disponible en: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/images/rubros/contenido/papa/cosecha.pdf>.

INIAP, 2014b. *Costos de producción* [en línea]. 2014. S.l.: s.n. [Consulta: 30 abril 2022]. Disponible en: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/images/rubros/contenido/papa/costosfripapa.pdf>.

INIAP, 2014c. *Papa* [en línea]. 2014. S.l.: s.n. [Consulta: 30 abril 2022]. Disponible en: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mraiz/rpapa>.

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN), 1994. *NTE INEN 1750: Hortalizas y frutas frescas. Muestreo* [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 14 febrero 2023]. Disponible en: <http://archive.org/details/ec.nte.1750.1994>.

MAZA VIERA, G.I., 2017. *Procesamiento de Imágenes usando OpenCV aplicado en Raspberry Pi para la clasificación del cacao* [en línea]. Piura: Universidad de Piura. Disponible en: https://pirhua.udpe.edu.pe/bitstream/handle/11042/2916/IME_218.pdf.

MONTEROS, C.; et al., 2005. *Las papas nativas en el Ecuador* [en línea]. 2005. S.l.: s.n. [Consulta: 1 mayo 2022]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3327/1/iniapscCD78.pdf>.

MONTEROS J., C.; & REINOSO R., I.A., 2010. Biodiversidad y oportunidades de mercado para las papas nativas ecuatorianas. En: Accepted: 2016-07-28T20:00:45Z [en línea], [Consulta: 6 febrero 2023]. Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3117>.

MURILLO QHISPE, G.; & MONTALUISA PILATASIG, D., 2010. *Control e inspección de llenado botellas aplicando herramientas de visión artificial para el laboratorio de neumática e hidráulica de la ESPE sede Latacunga* [en línea]. Latacunga: Escuela Politécnica del Ejército. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4402/1/T-ESPEL-0729.pdf>.

ORDOÑEZ, C.A., 2005. Formatos de imagen digital. *Revista Digital Universitaria*, pp. 10.

PASTOR TORRES, D.D., 2006. *Sistema de clasificación de papas capiro y canchan teniendo en cuenta su forma, tamaño y daños mecánicos* [en línea]. Lima – Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Disponible en: https://node2.123dok.com/dt02pdf/123dok_es/000/609/609655.pdf.pdf?X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=aa5vJ7sqx6H8Hq4u%2F20220117%2F%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20220117T151213Z&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Expires=600&X-Amz-Signature=02307b9c78e2bf336cf6769b6d702fd0cea49ecd188914364ef895f823f0c9a7.

RECUERO DE LOS SANTOS, P., 2021. Tipos de aprendizaje en Machine Learning: supervisado y no supervisado. *Telefónica Tech* [en línea]. Disponible en: <https://empresas.blogthinkbig.com/que-algoritmo-elegir-en-ml-aprendizaje/>.

RODRÍGUEZ, R.; & SOSSA, J., 2012. *Procesamiento y análisis digital de imágenes*. México: s.n. ISBN 607-707-223-0.

SAMUEL, A.L., 1959. Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers. *IBM Journal of Research and Development*, vol. 3, no. 3, pp. 210-229. ISSN 0018-8646, 0018-8646. DOI 10.1147/rd.33.0210.

SÁNCHEZ, J.A., 2020. ¿Cómo aprenden las máquinas? Machine Learning y sus diferentes tipos. *datos.gob.es* [en línea]. Disponible en: <https://datos.gob.es/es/blog/como-aprenden-las-maquinas-machine-learning-y-sus-diferentes-tipos>.

SANTILLÁN, E.G., 2008. *Detección y clasificación* [en línea]. S.l.: Universidad Autónoma Metropolitana. Disponible en: http://newton.azc.uam.mx/mcc/01_esp/11_tesis/tesis/terminada/080513_garcia_santillan_elias.pdf.

TORRES, L.; et al., 2011. Variedades de papa. *Centro Internacional de la Papa* [en línea]. [Consulta: 30 abril 2022]. Disponible en: <https://cipotato.org/papaenecuador/variedades-de-papa/#1507782251469-e8d19e41-f501>.

VEINTIMILLA, A., 2014. Un tipo de papa para cada plato. *El Comercio* [en línea]. [Consulta: 16 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/tendencias/papa-tipo-platos-preparaciones-ecuador-dia-nacional-gastronomia-cocina.html>.

ANEXOS

ANEXO A. CÓDIGO EN MATLAB PARA LA OBTENCIÓN DE LA BASE DE DATOS.

```
function varargout = obtencion_basededatos(varargin)

gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @obtencion_basededatos_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @obtencion_basededatos_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [], ...
                  'gui_Callback',   []);

if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargin
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

function obtencion_basededatos_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)

global camList
global cam
camList = webcamlist
cam=webcam(1);

global hImage;
hImage = image('Parent',handles.axes1);

handles.output = hObject;
guidata(hObject, handles);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = obtencion_basededatos_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
    global hImage;
    global cam
    axes(handles.axes1);
    preview(cam,hImage)

% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)

    global foto;
    global cam
    foto = snapshot(cam);
    axes(handles.axes2);
    imshow(foto)

% --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
    global foto;

    % Guarda la imagen en la ubicación especificada y con el nombre declarado
    ent = input('Nombre de la imagen: ','s'); % El usuario escribe el nombre de la foto
    %mkdir('base de datos'); % Crea la carpeta
    imwrite(foto,['base de datos\'',ent,'.png']); % Se guarda en la carpeta fotos con la extensión .png

% --- Executes on button press in pushbutton4.
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
    global vid;
    close (obtencion_basededatos);
```

ANEXO B. CÓDIGO EN MATLAB PARA EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES.

```
function varargout = guide_resultados(varargin)

gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn',  @guide_resultados_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',   @guide_resultados_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',   [], ...
                  'gui_Callback',    []);

if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargin
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before guide_resultados is made visible.
function guide_resultados_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)

global camList
global cam
camList = webcamlist;
cam=webcam(1);
global hImage;
hImage = image('Parent',handles.axes1);

% Choose default command line output for guide_resultados
handles.output = hObject;
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

function varargout = guide_resultados_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)

varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)

global hImage;
global cam
axes(handles.axes1);
preview(cam,hImage)

% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
%tiempo_inicio = cputime;
tic

global foto;
global I2;
global fotol;
global cam;

%probar con una imagen
%foto=imread(fullfile('F:\TESIS\simulaciones\fotos de papas pruebas\prob47.png'));
%newImage=foto;

foto = snapshot(cam);
fotol=imcrop(foto,[95 12 530 427]);
I1=imcrop(foto,[95 12 530 427]);
axes(handles.axes2);
imshow(fotol)
```

```

% figure()
I2=rgb2gray(foto1);

level=graythresh(I2); % Valor de umbral

BW=~imbinarize(I2,level); % Imagen binaria

[fl,c1]=size(BW); % Tamaño de la imagen binaria
relleno=imfill(BW,'holes'); % Relleno de huecos
relleno2 = bwareaopen(relleno,1230);

BW2 = bwareaopen(BW,1230);
L1=bwlabel(relleno2,8); % Etiquetado de regiones, 8-conectividad
L2=bwlabel(relleno2);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

s1=regionprops(L1,'area'); % Areas de las regiones etiquetadas
s1=regionprops(L1,'MajorAxisLength');
s2=regionprops(L2,'all');
s3=regionprops(L2,'MajorAxisLength');
areas=cat(1,s1.Area);

[Amax,Pe]=max(areas); % Se ubica la región de área máxima
[fm,cm]=find(L1==Pe); % Vectores posición de la región de área máxima.
tfila=size(fm); % Definición de nuevo recorte
fmax=max(fm)+5;
fmin=min(fm)-5;
cmax=max(cm)+5;
cmin=min(cm)-5;
mascara0=zeros(fl,c1); % Generación de matriz de ceros

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Paso 11 - 16 de la sección 5.3.2 %
for u=1:tfila
mascara0(fm(u,1),cm(u,1))=1; % Matriz para elaborar máscara,
% fondo negro-papa blanca
end
mascara1=255*uint8(~mascara0);
m_total=cat(3,mascara1,mascara1,mascara1);
papa_s=m_total+I2;
%figure()
%imshow(papa_s)

Papa=imcrop(papa_s, [cmin fmin (cmax-cmin) (fmax-fmin)]); % papa en RGB
Mascara=imcrop(mascara1, [cmin fmin (cmax-cmin) (fmax-fmin)]); % la mascara
%end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% determinar forma y contorno

contorno=edge(Mascara,'sobel'); % contorno de la imagen (logical)
% subplot(2,2,2);
% imshow(contorno)
contorno_i = imcomplement(contorno);
% subplot(2,2,3);
% imshow(contorno_i)
contorno1=double(contorno); % conversión a double

contorno2=uint8(contorno); % Contorno de la imagen
se = strel('disk',7); % elemento estructurante
contorno_g= 255*imdilate(contorno2,se); % ensanchar contorno
% subplot(2,2,4);
% imshow(contorno_g)

```

Determinar forma y tamaño de la papa

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%verificar papas deformes
formas=cat(1,s2.Circularity);
if formas<0.88
    %   vforma=0;% no aceptable
        u1=0;
        text1='es deforme';
else
    %   vforma=1;% aceptable
        u1=1;
        text1='aceptable';
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%clasificar segun diametro
ejema=cat(1,s3.MajorAxisLength);
rel=ejema/3;
for n=1:size(ejema)
    if (rel(n,1)>=65)
        categ='primera';
        u2=1;
    elseif (rel(n,1)>=45 && rel(n,1)<65)
        categ='segunda';
        u2=2;
    elseif (rel(n,1)>=30 && rel(n,1)<45)
        categ='tercera';
        u2=3;
    elseif (rel(n,1)>=10 && rel(n,1) <30)
        categ='cuarta';
        u2=4;
    else
        categ='sin categoria';
        u2=0;
    end
end
end
```

Determinar el color de la papa.

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%determinar color

manb1=zeros(f1,c1); % Generación de matriz de ceros
manb2=zeros(f1,c1);
manb3=zeros(f1,c1);
mil3=I1(:,:,3);
mil1=I1(:,:,1);
mil2=I1(:,:,2);

for u=1:tfila
    %lo valores del color verde estan entre 100 y 160
    if ((mil1(fm(u,1),cm(u,1))>=105)&&(mil1(fm(u,1),cm(u,1))<=150)&&(mil2(fm(u,1),...
        cm(u,1))>=105)&&(mil2(fm(u,1),cm(u,1))<=150)&&(mil2(fm(u,1),cm(u,1))>=105))
        manb2(fm(u,1),cm(u,1))=1; % Matriz para elaborar máscara,
    end
end
L8=bwlabel(manb2);
s8=regionprops(L8,'all');
manb2c = bwareaopen(manb2,15);
rellc=imfill(manb2c,'holes');
L9=bwlabel(rellc);
s9=regionprops(L9,'all');

areaspv=cat(1,s9.Area);
[Amaxpv,Pepv]=max(areaspv);
pv=Amax/2;

if Amaxpv>=pv
    papacolor=' verde';
    u9=0;
else
    papacolor=' normal';
    u9=1;
end
```

Determinar manchas y grietas.

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%determinar manchas

f= I2;
E=20;

if areas<3700
    m=100;
else
    m=77;
end
g = 1./(1+(m./(double( f )+ eps)).^E);

%si la papa es pequeña m=100, area menor a 3700 o rel menor a 29

grecorte=imcrop(g, [cmin fmin (cmax-cmin) (fmax-fmin)]);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
level=graythresh(grecorte);
binarizado1=~imbinarize(grecorte, level); % Imagen binaria
% subplot(2,3,3);
% imshow(binariado1)

g2 = bwareaopen(binariado1,29);
% subplot(2,3,4);
% imshow(g2)

L3=bwlabel(g2);
s4=regionprops(L3,'all');
level2=graythresh(L3);
BWxxback=~imbinarize(L3,level2);
BWxxbacki=imcomplement(BWxxback);

%matriz con las posiciones de las manchas
matrizmanchas=[];
matrizmanchas1=[];
[f2, c2] = find(L3==1);
%matrizmanchas =[f2, c2];

for i=1: length(f2)
    pos=f2(i,1);
    pos1=c2(i,1);
    matrizmanchas(i,1)=I2(pos,pos1);
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%% recorte de posibles defectos %%%
% XXback: Imagen con posibles daños mecánicos
eback=max(L3(:)); % Máximo valor de etiqueta
if eback==0 % Papa libre de marcas o daños en su superficie
    Inum=0;
    Resultado='Papa buena';
    % u5=1;
    u3=1;
    % v4=['el resultado es ',Resultado];
    % disp(v4);
else
    R=[]; % Matriz final - Con error separado
    Mark=[]; % Matriz que contiene el resultado de evaluar todas los posibles defectos
end

figure()
for e=1:eback
    % Separando el posible error %
    [fi,co]=find(L3==e);
    [s,ss]=size(fi);
    cmax=max(co)+10;
```

```

fmax=max(fi)+10;
Matriz=zeros(fmax,cmax); % Genera imagen de ceros
for u=1:s
Matriz(fi(u,1),co(u,1))=1; % Matriz con el error separado
end
%Situando el posible error en una imagen pequeña %
[fil,col]=find(Matriz==1); % Encuentra posición del error
fimax=max(fil)+1; % Encuentra valores para el recorte
fimin=min(fil)-1;
comax=max(col)+1;
comin=min(col)-1;
R=imcrop(Matriz, [comin fimin (comax-comin) (fimax-fimin)]);

% subplot(2,eback,e);
% imshow(R)
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%determinar manchas y grietas

valorpejema=(cat(1,s2.MajorAxisLength))/2;
valorpejeme=(cat(1,s2.MinorAxisLength))/2;
valormejema=cat(1,s4.MajorAxisLength);
%valormejemax=max(valormejema);
Lm = length(valormejema);

areasmanchas=cat(1,s4.Area);
sumareas=0;

grietas='la papa no presenta grietas ';
for e1=1:Lm

    if valormejema(e1,1) > valorpejema(1,1) || valormejema(e1,1) > valorpejeme(1,1)

        grietas='la papa presenta grietas ';
        u3=0;
        % v3=[grietas,'se observa en la ',num2str(e1),' mancha'];
        % disp(v3);
        else
            u3=1;
        end

        sumareas=sumareas+areasmanchas(e1,1);
    end

manchas='la papa no presenta manchas ';
u5=1;
if eback>0
if eback<=3 && sumareas<=95

    manchas='la papa presenta manchas pequeñas que pueden ser de tierra ';
    u5=1;
    % v5=[manchas];
    % disp(v5);
else
    manchas='la papa presenta manchas causado por insectos o daños del medio ambiente ';
    u5=0;
    % v5=[manchas];
    % disp(v5);
end
end
end

```


Machine learning

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%machine learning

rootFolder=fullfile('clasificacion');

categories = {'dañada','buena'};

imds= imageDatastore(fullfile(rootFolder,categories),'LabelSource','foldernames');

%variable que indica el numero de imagenes de cada categoria
tbl= countEachLabel(imds);

%para evitar problema se usa el mimo numero de imagenes
minSetCount = min(tbl{:,2});
|
imds=splitEachLabel(imds, minSetCount,'randomize');
countEachLabel(imds)

dañada = find(imds.Labels == 'dañada',1);
buena = find(imds.Labels == 'buena',1);

net= resnet50();

net.Layers(1);
net.Layers(end);

numel(net.Layers(end).ClassNames);
[trainingSet, testSet]=splitEachLabel(imds,0.3,'randomize');

imageSize = net.Layers(1).InputSize;
augmentedTrainingSet=augmentedImageDatastore(imageSize,trainingSet,...
    'ColorPreprocessing','gray2rgb');

augmentedTestSet=augmentedImageDatastore(imageSize,...
    testSet,'ColorPreprocessing','gray2rgb');

w1= net.Layers(2).Weights;
w1=mat2gray(w1);

featureLayer = 'fc1000';
trainingFeatures=activations(net,augmentedTrainingSet,...
    featureLayer,'MiniBatchSize',32,'OutputAs','columns');

trainingLables=trainingSet.Labels;
classifier= fitcecoc(trainingFeatures,trainingLables,'Learner','Linear',...
    'Coding','onevsall','ObservationsIn','columns');

testFeatures=activations(net,augmentedTestSet,...
    featureLayer,'MiniBatchSize',32,'OutputAs','columns');

predictLabels=predict(classifier, testFeatures,'ObservationsIn','columns');

testLables=testSet.Labels;
confMat=confusionmat(testLables,predictLabels);
confMat=bsxfun(@rdivide,confMat,sum(confMat,2));

mean(diag(confMat));

newImage=foto1;
% figure()
% imshow(newImage);

ds=augmentedImageDatastore(imageSize,...
    newImage,'ColorPreprocessing','gray2rgb');
imageFeatures=activations(net,ds,...
    featureLayer,'MiniBatchSize',32,'OutputAs','columns');
label=predict(classifier,imageFeatures,'ObservationsIn','columns');
```

```

axes(handles.axes3);
imshow(relleno2);
axes(handles.axes4);
imshow( g2);

sprintf('la imagen pertenece a la categoria %s',label)
set(handles.text01,'String',text1);
set(handles.text2,'String',label);
set(handles.text3,'String',papacolor);
set(handles.text4,'String',categ);
set(handles.text5,'String',grietas);
set(handles.text6,'String',num2str(rel));
set(handles.text7,'String',manchas);

if (u5==1 && u3==1 && u1==1 )

apta='APTA PARA EL CONSUMO ';
set(handles.text8,'String',apta);

else
apta='NO APTA PARA EL CONSUMO ';
set(handles.text8,'String',apta);
end
toc
%totalt = cputime - tiempo_inicio

% --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

ANEXO C. NORMA INEN 1516

1. OBJETO

1.1 La presente norma establece los requisitos mínimos generales que deben cumplir las variedades comerciales de papas "*Solanum tuberosum L.*" en estado natural fresco para consumo humano.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a la papa "*Solanum tuberosum L.*" (tubérculo) naturales fresco, que no ha sufrido ningún proceso de transformación.

2.1.1 Se incluyen las variedades siguientes:

- a) Nativas: Chola, Bolona, Violeta, 4-50, Leona Blanca, Leona Negra, Santa Rosa.
- b) Foráneas: Ica-Huila, Mora Surco, Colorada o Rubí-roja, Parda Pastusa, San Jorge.
- c) Mejoradas : Iniap Santa Catalina ; Iniap María; Iniap Gabriela ; Iniap Esperanza; Iniap Cecilia .

3. DEFINICIONES

3.1 **Papa.** Tubérculo de tallo subterráneo ensanchado y modificado para el almacenamiento del almidón, proveniente de la planta *Solanum Tuberosum L.*

3.2 **Hortalizas.** Tubérculo, raíces, bulbos, hojas, verduras y de más plantas hortenses comestibles.

3.3 **Papa madura.** Tubérculo proveniente de plantas que han alcanzado su ciclo vegetativo o su desarrollo normal fisiológico y cuya epidermis no se desprende fácilmente por los métodos ordinarios de manejo.

3.4 **Papa limpia.** Tubérculo libre de tierra u otras impurezas adheridas al tubérculo o sueltas dentro del envase y que contiene hasta un 2% de impurezas.

3.5 **Variedad.** Tubérculos que presentan las mismas características externas e internas como: forma, profundidad de ojos, color de la piel y de la carne.

3.6 **Diámetro.** Máxima distancia del tubérculo entre los dos extremos más salientes del tubérculo (Máxima distancia que se toma en ángulo recto sobre el eje más largo del tubérculo. El eje más largo se determina sin tomar en cuenta la posición de la inserción del estolón, (vástago, rastro que arraigando a trechos produce nuevas plantas). Prácticamente la medida del diámetro se toma por el paso de la papa por tamices de orificios circulares.

3.7 **Papa contaminada.** Cuando los tubérculos se encuentran impregnados de plaguicidas, combustibles o cualquier otro producto químico nocivo para la salud humana y animal.

3.8 **Papa dañada o defectuosa.** Son tubérculos con lesiones o alteraciones de magnitud variable que presentan y que afectan notoriamente la presentación y al eliminarse causan un desperdicio mayor de 5% en peso, o los tejidos son afectados en una profundidad mayor de 0,5 cm.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Industria alimentaria, productos agrícolas, vegetales, papas

3.8.1 Papa con daño mecánico. Son tubérculos con lesiones causadas por agentes físicos y roedores (cortes, magulladuras, peladuras y otros).

3.8.2 Papa con daño o defecto fisiológico. Son tubérculos con lesiones o defectos provenientes de alteraciones no patógenas de origen interno o externo, (arrugas, brotes, corazón hueco, corazón negro, cambios de color internos o externos, grietas, deformidad, heladas, verdeadas y otros).

3.8.3 Papa con daño o defecto causado por patógenos. Son tubérculos con lesiones o defectos causados por hongos y bacterias. (bulba, gota, lama, pudriciones, humedad parda seca) y otras enfermedades.

3.8.4 Papa con daño por insectos. Son tubérculos dañados o alterados en su apariencia y estructura por el ataque de insectos y moluscos; se presentan en forma de horadaciones, túneles o galerías de diámetro y longitud variable (gusano alambre, gusano blanco minador del tubérculo, pulguilla, babosa y otras plagas).

3.9 Desperdicio. Es toda papa que no entre dentro de la presente norma de comercialización.

4. CLASIFICACION

4.1 La papa se clasifica de acuerdo a su tamaño

TABLA 1. Tamaño de la papa

TIPO-CATEGORIA	DIAMETRO (mm)
Tipo No.1 ó Primera	65 en adelante
Tipo No. 2 ó Segunda	45 – 64
Tipo No. 3 ó Tercera	30 - 44
Grado No. 4 ó Cuarta (No comercialización para consumo humano)	10 - 29

4.2 Según ausencia de daños o defectos: { Grado A
Grado B

5. DISPOSICIONES GENERALES

5.1 Enteras y con la piel bien formada, es decir exentas de toda ablación o ataque que tenga por efecto de alterar su integridad.

5.2 Sanas, quedando excluidos los productos que presenten podredumbre u otras alteraciones que los hagan impropios para el consumo.

5.3 Limpias, exentas de materias extrañas visibles.

5.4 Firmes y de aspecto fresco.

ANEXO D. NORMA INEN 1750

NTE INEN 1 750

1994-09

(Continúa)

TABLA 3. (Continuación)

TAMAÑOS Y FORMAS	NOMBRE		TAMAÑO MINIMO DE CADA MUESTRA PARA ENSAYO
	VULGAR	CIENTIFICO	
Hortalizas Medianas	Camote (batata)	Familia: Convolvulaceae Género: Ipomoea Especie: Batata P.	2 kg
	Papa	Familia: Solanaceae Género: Solanum Especie: Tuberosum L.	"
	Oca	Familia: Oxalidaceae Género: Oxalis Especie: Tuberosa, Molina	"
	Mashua	Familia: Oxalidaceae Género: Tropasolum Especie: Tuberosum R. & P.	"
	Alcachofa	Familia: Compositae (Asteraceae) Género: Cynara Especie: Scolymus L.	"
	Espárrago	Familia: Ilíaceae Género: Asparagus, Especie: Officinalis L.	"
	Berenjena	Familia: Solanaceae Género: Solanum, Especie: Melongena L.	"
	Berro	Familia: Cruciferae; (Brassicaceae) Género: Cardamine Especie: Masturtioides Bert.	"
	Otros	-----	"
Hortalizas grandes	Sambo o calabaza	Familia: Cucurbitaceae Género: Cucurbita, Especie: Ficifolia Bauche	5 unidades
	Zapallo o Zapallu o Ahuyama	Familia: Cucurbitacea Género: Cucurbita Especie: Maxima Duchesne	"

ANEXO E. ESPECIFICACIONES DE LA CÁMARA WEB EMEET C970L

TECH SPECS		
IMAGE	Max Resolution:	1080P at 60FPS
	Field of View (FoV):	Adjustable 75°-90°
	Focus Type:	Auto Focus
	Video Pickup Radius:	20-300cm
	Video Codec:	YUY2 / MJPEG
	Image Sensor:	1/2.7",CMOS,2.07M
	Optical Focal Length:	2.95mm
	Exposure Mode:	Automatic
	White Balance:	Automatic
BLC (Black Light Compensation):	Automatic	
AUDIO	Microphone:	2 Omni-Directional Microphones
	Optimal Pickup Range:	1M
CONNECTION	Connection:	USB2.0, USB-A, 1.8m
	UVC Communication Protocol:	UVC 1.0-1.5
USAGE	Privacy Cover:	Electronic Privacy Protection
	Tripod Thread:	YES
	Dimensions (W*H*D):	120mm*44mm*53mm
	Weight:	215g
	Recommended For:	Video Conferencing, Streaming and Content Creation
	Input:	5V, 500mA
	Average Power Consumption:	1.5W
COMPATIBILITY	Compatibility:	Works with Zoom, Microsoft Teams, Skype for Business, Slack, Webex, and many more
	Operating System:	Windows 7, 8, 10, or later Mac OS 10.10 or later



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 03/04/2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: José David Peñaloza Aldaz
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Informática y Electrónica
Carrera: Telecomunicaciones
Título a optar: Ingeniero en Electrónica, Telecomunicaciones y Redes
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Fernanda Arévalo M.

Ing. Fernanda Arévalo M.



0512-DBRA-UPT-2023